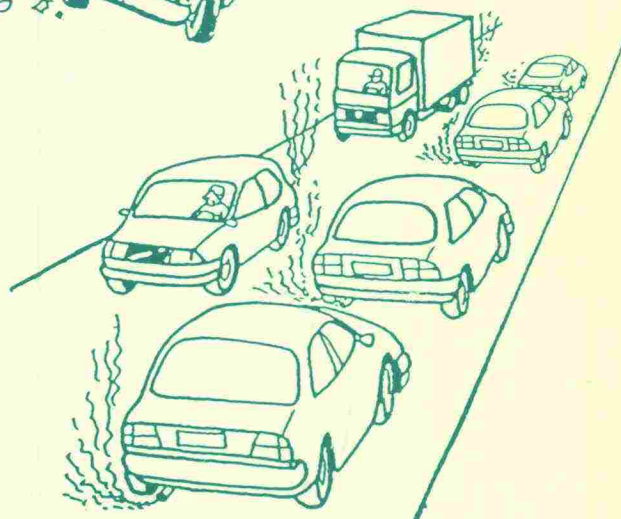
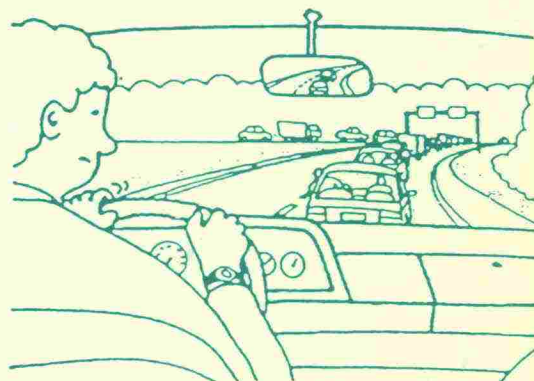
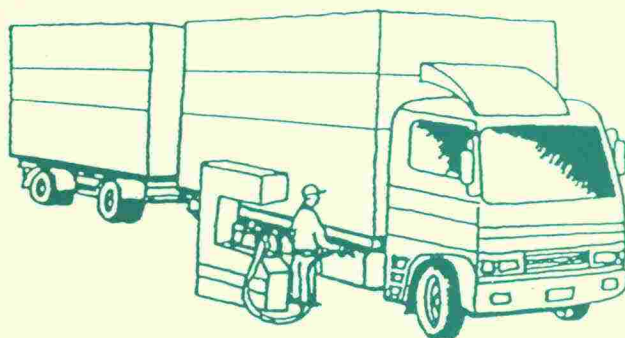


Tielaitos

Tieliikenteen ajokustannukset 1995



Liikenne ja
tieverkko

Helsinki 1995

Kehittämiskeskus

Tieliikenteen ajokustannukset 1995

Tielaitos
Kehittämiskeskus

Helsinki 1995

ISBN 951-726-095-4
TIEL 2123614-95
Painatuskeskus Oy
Helsinki 1995

Julkaisun kustannus ja myynti:
Tielaitos, hallinnon palvelukeskus,
painotuotepalvelut
Telefax (90) 1487 2652

Tielaitos
Opastinsilta 12 A
PL 33
00521 HELSINKI
Puh. vaihde (90) 148 721

12.6.1995

95/20/Th-358/21
1066/93/20/TIEL

VASTAANOTTAJA
Tiepiirit

SÄÄDÖSPERUSTA

KORVAA/MUUTTA
TIEL 2123614-94

KOHDISTUVUUS
TIEL, aluehallinto

VOIMASSA
1.6.1995 - toistaiseksi

ASIASANAT

ajokustannukset, ajoneuvokustannukset, aikakustannukset, onnettomuuskustannukset, ympäristökustannukset

Tieliikenteen ajokustannukset 1995 (TIEL 2123614-95)

Tieliikenteen ajokustannukset 1995 -julkaisu on laadittu ensisijaisesti tielaitoksen sisäiseen käyttöön. Julkaisu sisältää ajoneuvo-, aika- ja onnettomuuskustannusten perusarvot ja kustannusten laskentamenetelmät lähinnä hanketarkasteluja varten. Lisäksi käsitellään lyhyesti melun ja pakokaasujen haittojen hinnoittelua. Tarkastelunäkökulma on yhteiskuntataloudellinen (ei yksityistaloudellinen).


Ajokustannusten laskentaperusteet on hyväksytty vuonna 1990 sekä melu- ja pakokaasuhaittojen hinnoitteluperusteet vuonna 1991 tielaitoksen johtokunnassa. Tähän julkaisuun on eri kustannuskomponenttien osalta tehty kustannustason muutoksia vastaavat korjaukset. Lisäksi on tarkistettu hankevertailujen laskentamenetelmä ja esimerkkilaskelma liikenneministeriön YHTALI-työryhmän suositusten mukaisiksi.

Tiehankkeiden ajokustannuslaskelmat ovat usein rajoittuneet vain tien pääsuunnan tarkasteluun. Liikennetaloudellisten laskelmien tekeminen kattavasti vaatii kuitenkin tieverkollisen tarkastelun, jossa voidaan ottaa huomioon muutokset myös rinnakkaisilla ja poikittaisilla yhteyksillä sekä liittymissä. Tässä julkaisussa esitettyä yksinkertaistettua laskentamenetelmää voidaan soveltaa toistaiseksi tavanomaisissa tapauksissa.

Johtaja


Jukka Isotalo

Apulaisjohtaja
Tiehallinto


Aulis Nironen

LISÄTIETOJA
Tielaitos, kehittämiskeskus
Jukka Ristikartano
Puh. (90) 14872341
Mikko Jokinen
Puh. (90) 14872339

JAKELU/MYYNTI
Tielaitos, painotuotemyynti
Opastinsilta 12 A tai PL 33
00521 HELSINKI
Fax (90) 14872652
Puh. 14872053

TIEDOKSI:

E, Ts, Th, Tk, Lpk

TIEL:n kirjasto

Liikenneministeriö

Ympäristöministeriö / KR-osasto

Liikenneturvan kirjasto

Tiekonsultit

Ristikartano

Jokinen

LUKIJALLE

Autoliikenteen ajokustannusten laskelmiin sisällytetään ajoneuvo-, aika- ja onnettomuuskustannukset sekä lisäksi melun ja pakokaasujen haittojen kustannukset (vuodesta 1992 alkaen). Laskelmien yhteiskuntataloudellinen tarkastelunäkökulma tarkoittaa mm. sitä, että ajoneuvokustannuksista tieliikenteen erityisverot jätetään pois, yksityiskäytössä olevien henkilöautojen pääomakustannuksista lasketaan mukaan vain ajosuoritteeseen kohdistuva osa, liikenteessä käytetty henkilöaika arvotetaan ajoneuvolajeittain ja onnettomuuskustannuksiin sisällytetään taloudellisten kustannusten lisäksi hyvinvoinnin menetyseriä.

Ajoneuvokustannukset jakaantuvat kolmeen osaan: ajosuoritteeseen ja ajoaikaan kohdistuviin osiin sekä polttoaineenkulutuksen mukana muuttuvaan osaan. Kustannusten laskentamenetelmä perustuu liikennevirran keskimääräisen matkanopeuden määrittämiseen kullekin tielle ja liikennetilanteelle, sillä ajoneuvokustannukset muuttuvat auton nopeuden ja nopeusvaihteluiden mukana. Laskentamenetelmän perusteita on käsitelty julkaisuun liitetyn esimerkkilaskelman yhteydessä.

Liikenteessä käytetyn ajan tuntihinta henkilöautoa kohti vaihtelee matkustajamäärän lisäksi myös matkan tarkoituksen mukaan (käytössä on 3 matkaryhmää). Ammattimaisen liikenteen aikakustannusten laskentaperustana on kunkin autolajin ajohenkilöstön palkkataso. Linja-automatkustajien aikakustannukset sisällytetään laskelmiin.

Onnettomuuskustannukset lasketaan onnettomuusmäärien perusteella. Esim. hankesuunnittelussa voidaan onnettomuusmääriä arvioida onnettomuusasteiden ja liikennemäärien avulla yhdistämällä tiedot tapahtuneista onnettomuuksista ja samantapaisten tieolojen keskimääräisistä onnettomuusmääristä. Liikenneturvallisuuden parantamistoimenpiteiden vaikutus onnettomuusmääriin on arvioitavissa eri toimenpidetyypeille määritettyjen vaikutuskertoimien avulla.

Meluhaittojen kustannukset lasketaan melulle alttiina olevien henkilömäärien perusteella ja pakokaasujen haittojen kustannukset pakokaasupäästöjen määrien (4 päästöalajia) avulla. Ympäristöhaittojen kustannusten laskentaa tarvitaan tieverkon kehittämishankkeiden esisuunnittelu- vaiheissa sekä tienpidon ohjelmien vaikutuksia arvioitaessa.

Ajokustannusten yksikköarvojen perustana olevien komponenttien hintakehitystä seurataan sekä määrittäysperusteet tarkistetaan vuosittain. Tästä julkaisusta kuten ajoneuvokustannusten sekä melu- ja pakokaasupäästöjen haittojen yksikköarvojen määrittämisestä vastaa tielaitoksen kehittämiskeskus. Aika- ja onnettomuuskustannusten perusarvot on tarkistettu tielaitoksen tutkimuskeskuksessa.

Taloudellisuustarkasteluissa tämän julkaisun yksikköarvoilla laskettuja ajokustannuksia tulee verrata tiehankkeiden kustannuksiin maarakenuskustannusindeksin (1990=100) tasolla 104 tai tienrakennuskustannusindeksin tasolla 134.

Sisältö

1	AJOKUSTANNUSTEN PERUSARVOT 1995	8
2	AJOKUSTANNUSTEN LASKENTAPERUSTEET	11
2.1	Autolajien ominaisuudet	11
2.2	Ajoneuvokustannusten osat	12
2.3	Liikenteen vaikutus ajoneuvokustannuksiin	13
2.4	Aikakustannukset	15
2.5	Onnettomuuskustannukset	16
2.6	Ympäristökustannukset	18
3	AJOKUSTANNUSTEN LASKENTAMENETELMÄ	19
3.1	Tarvittavat lähtötiedot	19
3.2	Tuntiliikenteiden määrittäminen	21
3.3	Matkanopeuksien määrittäminen	22
3.4	Ajoneuvokustannusten laskeminen	24
3.5	Aikakustannusten laskeminen	27
3.6	Onnettomuusmäärien selvittäminen	28
3.7	Onnettomuuskustannusten laskeminen	32
3.8	Ympäristökustannusten laskeminen	33
3.9	Tiehankkeen kustannukset	35
3.10	Taloudellisuustarkastelut	36
4	LIITE	38
	Tuntiliikenneluokkiin perustuva ajoneuvokustannusten alustava laskentamenetelmä	38

1 AJOKUSTANNUSTEN PERUSARVOT

Ajoneuvokustannukset (Ank)

Ajoneuvokustannuksia tarkastellaan liikennetaloudellisissa laskelmissa **yhteiskuntatalouden näkökulmasta**. Kustannuksissa ei siten ole mukana polttoaineiden ja autojen hintoihin sisältyviä erillisveroja eikä moottoriajoneuvoveroa. Yksityiskäytössä olevien henkilöautojen osalta on jätetty pois se osa pääomakustannuksista,

jonka ei oleteta olevan sidoksissa ajosuoritukseen. Taulukossa 1.1 on vasemmalla esitetty liikennetaloudellisten laskelmien perustana olevat ajoneuvokustannusten perusarvot. Taulukossa oikealla olevat yksityistaloudelliset kustannukset (tienkäyttäjän näkökulma) on esitetty lähinnä vertailun vuoksi.

Taulukko 1.1 Ajoneuvokustannusten perusarvot 1995

Yhteiskuntataloudellinen kust.	
Autolaji	Ajoneuvo- kustannus (Ank) p/km
Henkilöauto	76
Pakettiauto	178
Kevyt auto	86
Linja-auto	366
Kuorma-auto	406
Raskas auto	399

Yksityistaloudelliset kust.lisät		
Erityis- verot p/km	Muut yks. tal. kust. p/km	Yhteensä (Ank+lisät) p/km
43	39	158
44	0	222
43	35	164
50	0	416
73	0	479
69	0	468

Taulukon 1.1 ajoneuvokustannusten yhteiskuntataloudelliset perusarvot eivät sellaiseen sovellu hankkeiden taloudellisten tunnuslukujen laskemiseen (perusarvot kuvaavat keskimääräistä kustannustasoa). Tiehankkeiden taloudelliset tarkastelut on tehtävä hankkeen olosuhteisiin sovitetuilla yksikkökustannuksilla, joi-

den määrittämisperusteet on esitetty luvussa 2 ja laskentamenetelmät luvussa 3.

Kevyen ja raskaan auton (tyyppiautot) muodostumista eri autolajeista on tarkasteltu luvussa 2.1.

Aikakustannukset (Aik)

Ajokustannuslaskelmissa liikenteessä käytetyn ajan arvo on sidottu henkilöautoilla teollisuustyöntekijän keskimääräiseen tuntipalkkaan ja matkan tarkoitukseen.

Ammattimaisen liikenteen aikakustannusten laskentaperustana on ajohenkilöstön keskimääräinen palkkataso. Linja-auton matkustajien aikakustannuksina käytetään matkaryhmän työ- tai asiointimatkat (henkilöautot) ajan arvoa.

Taulukko 1.2 Aikakustannusten perusarvot 1995

Autolaji	Matkan tarkoitus	Kuormitus henkilöä/auto	mk/tunti /henkilö	mk/tunti /auto
Henkilöauto	Työajan matka	1,3	124,60	161,90
	Työ- tai asiointimatka	1,6	21,00	33,60
	Vapaa- tai lomaajan matka	2,2	12,00	26,40
	Keskimäärin	1,9		44,20
Pakettiauto	Työajan matka	1,0	79,40	79,40
Kevyt auto		1,8		47,70
Linja-auto		1+13,5		388,90
Kuorma-auto		1,1	97,90	107,70
Raskas auto				158,30

Ajokustannuksia laskettaessa aikakustannukset (p/km) saadaan jakamalla autokohtainen ajan arvo matkanopeudella. Laskennat on pyrittävä tekemään matkaryhmittäin (matkan tarkoitus)

sekä laskelmat kevyille ja raskaille autoille erikseen. Jos matkojen tarkoitusjakauma ei ole tiedossa, joudutaan käyttämään keskiarvolukuja.

Onnettomuuskustannukset (Onk)

Onnettomuuksien hintoihin sisältyy suorien taloudellisten menetysten lisäksi myös hyvinvoinnin menetystä kuvaava kustannus, joka on määritetty ns. yhteiskunnallisen maksuhalukkuuden pohjalta (arvioitu kullekin henkilövahinkotyyppille erikseen).

Taulukossa 1.3 on esitetty onnettomuuskustannusten perusarvot yleisillä teillä. Kustannuksia on korjattu ns. edustavuuskertoimilla, jolloin on otettu huomioon tielaitoksen onnettomuustilaston peittävyys.

Taulukko 1.3 Onnettomuuskustannusten perusarvot 1995

Onnettomuuden seuraus/ onnettomuustyyppi	Kustannus (mk)
Kuollut	7 800 000
Pysyvästi vammautunut	4 800 000
Tilapäisesti vammautunut	52 000
Vammautunut keskimäärin	146 400
Kuolemaan johtanut onnettomuus	9 100 000
Vammautumiseen johtanut onnettomuus	218 000
Henkilövahinko-onnettomuus	975 800
Omaisuusvahinko-onnettomuus	46 500
Tieliikenneonnettomuus keskimäärin	328 000

Ajokustannuksia laskettaessa arvioidaan nykyisten ja suunniteltujen teiden henkilövahinko-onnettomuusasteet. Arvioitujen liikennesuoritteiden

avulla määritetään odotettavissa olevat onnettomuusmäärät, joista voidaan määrittää vuotuiset onnettomuuskustannukset.

Ympäristökustannukset (Ymk)

Ympäristökustannuksina arvioidaan melun ja pakokaasujen aiheuttamien haittojen kustannukset. Muita ympäristövaikutuksia ei hinnoitella vaan ne

arvioidaan ympäristövaikutusten arviointimenettelyn yhteydessä.

Taulukko 1.4 Tieliikenteen melun ja pakokaasujen yksikköhinnat 1995

Päästölaaji	Yksikkökustannus	Yksikkö
Melu	5 300	mk vuodessa / melun häiriönä kokeva asukas
Typen oksidit	5 200	mk / tonni
Hiilivedyt	10 300	- " -
Hiukkaset	94 000	- " -
Hiilidioksidi	180	- " -

2 AJOKUSTANNUSTEN LASKENTAPERUSTEET

2.1 Autolajien ominaisuudet

Ajoneuvokustannusten perusarvot on laskettu käyttäen lähtötietoina taulukon 2.1 autolajien ominaisuuksia. Tiedot perustuvat mm. autorekisterikeskuksen ja autoalan yhdistysten julkaisemiin tilastoihin sekä mittauksiin. Polttoai-

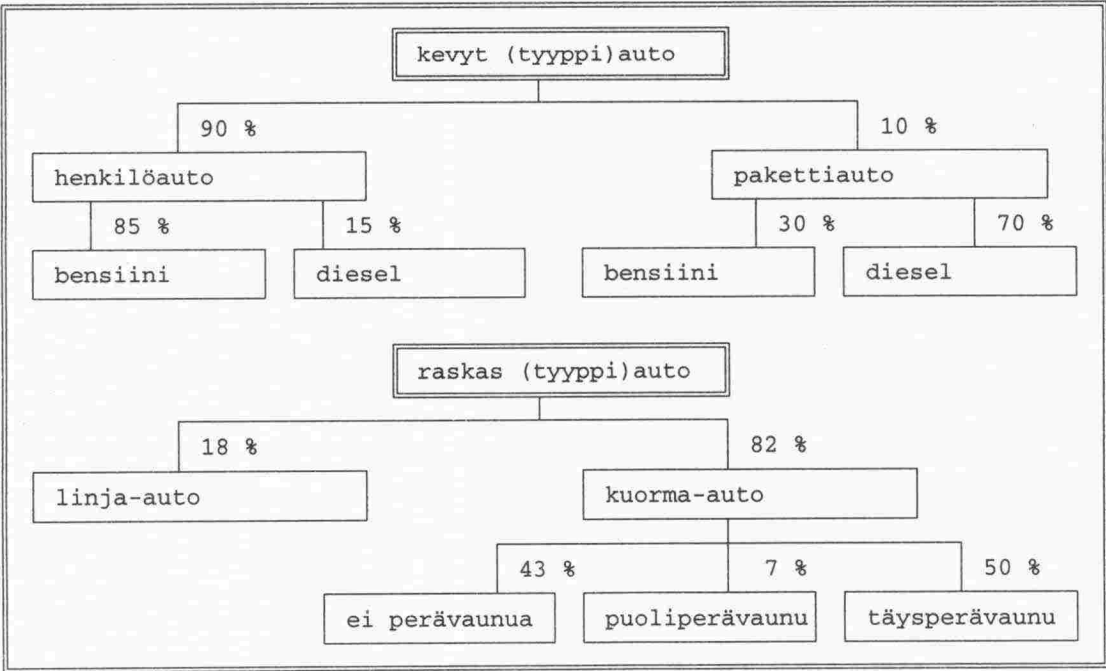
neenkulutus kuvaa keskimääräistä kulutusta vuoden aikana. Kevyt ja raskas tyyppiauto on muodostettu näistä kuvan 2.1 kaavion mukaisilla ajosuoriteosuuksilla painottaen.

Taulukko 2.1 Eri autolajien perusominaisuudet

Autolaji	ha	pa	la	kaip	kapp	katp
Polttoaineenkulutus (l/100km)	7,9	11	30	26	37	43
Ajosuorite (km/a)	17500	15000	72500	33500	70000	90000
Hinta (mk)	92000	112500	1104000	516000	1104000	1303000
" erityisveroin	(127000)	(134500)	-	-	-	-
Poistoaika (a)	13	10	13	10	10	10
Arvonalenema (%/a)	15	20	15	20	20	20
Korkokanta (%/a)	10	11	11	11	11	11
Dieselkäyttöisiä (%)	8	70	100	100	100	100

Polttoaineiden hinnat (veroton/verollinen) alkuvuoden (helmikuu) 1995 hintatasossa olivat:

bensiiini 98E 2,42/5,10 ja 95E 2,29/4,97 mk/l sekä dieselöljy 2,02/3,69 mk/l.



Kuva 2.1 Tyyppiautojen muodostuminen ja ajosuoritteiden painot

2.2 Ajoneuvokustannusten osat

Ajoneuvokustannukset muodostuvat seitsemästä osasta (taulukko 2.2). Osat on jaettu ajosuoritteesta, ajoajasta ja polttoaineenkulutuksesta määräytyviin osiin. Kustannuksista polttoaine-, korjaus-, huolto-, voitelu- ja rengaskustannusten oletetaan muuttuvan polttoaineenkulutuksen mukana. Ylläpito-, hallinto- ja pääomakustannukset on jaettu ajosuoritteesta ja ajoajasta määräytyviin osiin. Yksityiskäytössä olevien henkilöautojen ylläpito- ja hallintokustannukset on jätetty pois. Pääoman poistosta ja korosta otetaan laskelmiin mukaan puolet, mikä voidaan katsoa

ajosuoritteen vaikutukseksi yksityisen henkilöauton arvonalenemaan. Vakuutusmaksut eivät sisälly ajoneuvokustannuksiin vaan onnettomuuskustannuksiin.

Eri autolajien laskennalliset yhteiskuntataloudelliset kilometrikustannukset (keskimäärin) muodostuvat taulukoiden 2.2 ja 2.3 mukaisiksi. Vertailun vuoksi niissä on esitetty myös yhteiskuntataloudellisista tarkasteluista pois jätettävät yksityistaloudelliset kustannuserät.

Taulukko 2.2 Kevyiden autolajien ajoneuvokustannusten (Ank) muodostuminen keskimäärin 1995

Osakustannukset	Henkilö- auto (p/km)	Paketti- auto (p/km)	Kevyt auto (p/km)
Polttoaine	18,1	23,5	18,7
Korjaus, huolto ja voitelu	20,7	27,5	21,4
Renkaat	3,2	4,7	3,3
Ylläpito	0,9	9,7	1,8
Hallinto	0,8	12,1	1,9
Pääoman poisto	19,8	66,9	24,5
Pääoman korko	12,2	33,1	14,3
Yhteensä (Ank)	75,7	177,5	85,9

Yksityistaloudelliset kustannuslisät (p/km)			
Polttoainevero	20,0	21,7	20,1
Moottoriajoneuvovero	1,0	2,8	1,2
Autovero	22,1	19,6	21,8
Liikenteen erityis- verot yhteensä	43,1	44,0	43,2
Osa kiinteistä kustannuksista	39,1	0,0	35,2
Yksityistaloudellinen kustannus	157,8	221,6	164,2

Taulukko 2.3 Raskaiden autolajien ajoneuvokustannusten (Ank) muodostuminen keskimäärin 1995

Osakustannukset	Linja- auto (p/km)	Kuorma-auto (p/km)			Raskas auto (p/km)
		ilman pv.	puolipv.	täysperäv.	
Polttoaine	60,6	52,5	74,7	86,9	69,3
Korjaus, huolto ja voitelu	79,1	83,6	53,9	58,5	70,8
Renkaat	11,8	20,3	34,3	42,2	28,5
Ylläpito	17,5	22,2	10,6	8,3	15,0
Hallinto	24,3	22,6	21,0	16,3	20,2
Pääoman poisto	103,0	137,5	140,8	129,2	128,1
Pääoman korko	69,9	68,1	69,7	64,0	66,8
Yhteensä (Ank)	366,3	406,8	405,0	405,4	398,8

Yksityistaloudelliset kustannuslisät (p/km)					
Polttoainevero	50,1	43,4	61,8	71,8	57,3
Moottoriajoneuvovero	0,0	16,3	14,0	13,1	11,9
Liikenteen erityis- verot yhteensä	50,1	59,7	75,7	84,9	69,2
Liiketaloudellinen kustannus	416,4	466,5	480,8	490,3	468,1

Laskelmien polttoaineenkulutuksen suhteessa muuttuvien kustannusten perustasoiksi saadaan kevyille autoille **43,4 p/km** ja raskaille autoille **168,7 p/km**. Keskimääräinen polttoaineenkulutus on tällöin 8,2 l/100 km ja 34,3 l/100 km.

Kiinteiksi kustannuksiksi saadaan vastaavasti **42,4 p/km** ja **230,1 p/km** ja ne jaetaan ajosuoritteesta ja ajoajasta määräytyviin osiin (jako 50/50 % vertailunopeuksilla 80 ja 70 km/h).

2.3 Liikenteen vaikutus ajoneuvokustannuksiin

Ajokustannukset muuttuvat nopeuden muuttuessa. Matkanopeuksiin vaikuttavat mm. nopeusrajoitus, tien ominaisuudet ja liikennetilanne.

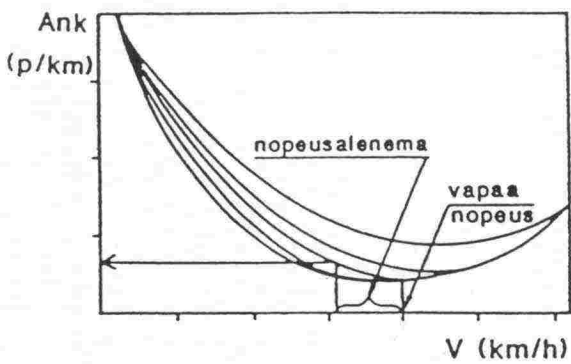
Kustannusmalleissa **ajoneuvokustannusten perustaso** määräytyy sen nopeustason mukaan, jota kuljettajat keskimäärin noudattavat vapaissa liikenneoloissa (ns. **vapaa nopeus**). Tähän kustannusten tasoon lasketaan korjaus, kun **tie- ja liikenneolot aiheuttavat keskinopeuden aleneman**. Kustannusten määräytymisen periaate on esitetty kuvassa 2.2.

Liikenteen ns. vapaan nopeuden ja eri liikennetilanteiden nopeuksien laskemiseksi kehitetyissä nopeusmalleissa on otettu huomioon tien geometrian ja liikenteen määrän vaikutus autojen keskimääräiseen matkanopeuteen. Matkanopeuksiin perustuvien kustannusmallien avulla voidaan määrittää ajoneuvokustannukset kullekin tielle ja liikennetilanteelle.

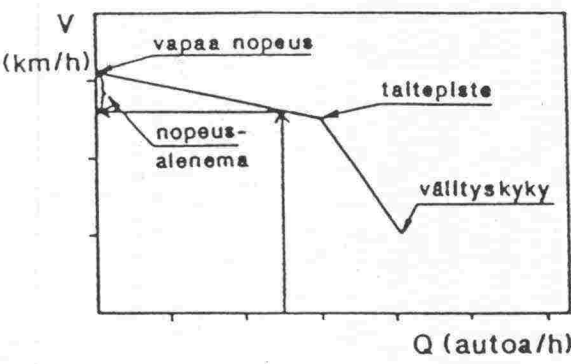
Keskimääräisiä matkanopeuksia tarvitaan myös liikenteen aikakustannusten laskemiseen.

Liikenteen ajoneuvokustannukset vuoden ajalta saadaan laskettua, kun tiedetään liikennesuorite-
teen jakautuminen eri tuntiliikenneryhmiin. Vuo-
den jokaisen tunnin liikenteelle ruuhkautuneim-
asta hiljaisimpaan voitaisiin mallilla laskea
ajoneuvokustannukset. Riittävä laskentatarkkuus
saavutetaan kuitenkin yleensä laskemalla liik-
teen keskimatkanopeudet ja **kustannukset va-
paissa liikenneoloissa ja vuoden 1000. viik-
kaimpana tuntina**, joka yleensä vastaa kustan-
nuksiltaan vuoden keskimääräistä tasoa.

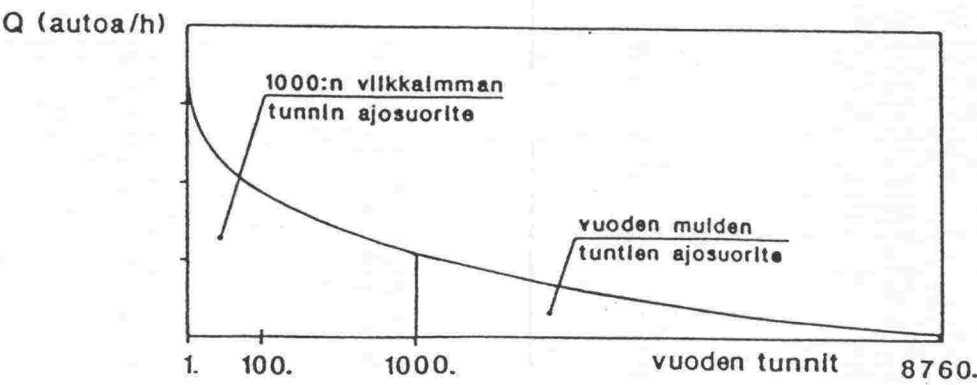
**Ruuhkautuvissa oloissa menetelmä arvioi
kustannukset liian pieniksi**, sillä luvussa 3
esitetty laskentamenetelmä sisältää vain nopeus-
mallin taitepistettä edeltävän osan. Jos tarkastel-
tava tie ruuhkautuu, suositellaan tarkemman
laskentamenetelmän käyttöä (liite). Liitteessä
esitellään laskentamenetelmää, jossa ajosuorite
jaetaan tuntiliikenneryhmiin ja näiden ryhmien
keskimääräisiä ajokustannuksia painotetaan
ryhmien ajosuoriteosuuksilla.



Kustannusmalli



Nopeusmalli



Tuntijärjestyskäyrä

Kuva 2.2 Ajoneuvokustannusten riippuvaisuus liikennetilanteesta

2.4 Aikakustannukset

Ajan arvo **henkilöautoilla** on laskennallisesti sidottu teollisuustyöntekijän keskimääräiseen kokonaistuntipalkkaan (60,00 mk, arvio IV nelj./94). Ajan arvo vaihtelee matkan tarkoituksen mukaan:

- **matkat työaikana:** ajan arvo on 1,3 kertaa bruttotuntipalkan ja vastaavien (välittömien) työnantajakulujen summa. Työnantajakulujen osuus on 59,7 %

- **matkat kodin ja työpaikan välillä sekä erilaiset asiointimatkat:** ajan arvo on 35% keskimääräisestä bruttotuntipalkasta

- **matkat vapaa- ja loma-aikana:** ajan arvo on 20% keskimääräisestä bruttotuntipalkasta.

Pakettiautoilla ajan arvo on kuljettajan bruttotuntipalkan ja työnantajakulujen summa. **Kevyen auton** ajan arvot on laskettu kilometrisuoritteilla painottaen (pakettiautojen osuus 10%). Pakettiautomatkat sisältyvät työajan matkoihin.

Taulukko 2.4 Kevyiden autolajien aikakustannusten perusarvot 1995

Autolaji	Matkan tarkoitus (suoriteosuus %)	Kuormitus henkilöä/ auto	Kustannus mk/tunti /henkilö	Kustannus mk/tunti /auto
Henkilöauto	Työajan matka (11)	1,3	124,60	161,90
	Työ- tai asiointimatka (40)	1,6	21,00	33,60
	Vapaa- tai loma-ajan matka (49)	2,2	12,00	26,40
	Keskimäärin	1,9		44,20
Pakettiauto		1,0	79,40	79,40
Kevyt auto	Työajan matka (20)	1,15		120,50
	Työ- tai asiointimatka (36)	1,6		33,60
	Vapaa- tai loma-ajan matka (44)	2,2		26,40
	Keskimäärin	1,8		47,70

Linja-autoilla ajan arvo on laskettu kuljettajan bruttotuntipalkan ja työnantajakulujen sekä matkustajien ajan arvon summana. Matkustajien ajan arvona on käytetty taulukon 2.4 työ- tai asiointimatkaryhmän mukaista arvoa.

Kuorma-autoilla ajan arvo määräytyy ajohenkilöstön keskimääräisen bruttotuntipalkan (49,70 mk, arvio IV nelj./94) ja vastaavien työnantajakulujen summana. Kuljetettavalle tavaralle ei lasketa ajan arvoa.

Taulukko 2.5 Raskaiden autolajien aikakustannusten perusarvot 1995

Autolaji	Kuormitus henkilöä/ auto	Kustannus mk/tunti /henkilö	Kustannus mk/tunti /auto
Linja-auto	1+13,5		388,90
Kuorma-auto	1,1	97,90	107,70
Raskas auto			158,30

2.5 Onnettomuuskustannukset

Liikenneonnettomuuksien aiheuttamien kustannusten laskemiseksi käytetyt menetelmät vaihtelevat eri maissa huomattavasti. Eroja aiheuttaa erityisesti ns. **hyvinvoinnin menetysten** arvottaminen. Suomessa onnettomuuskustannukset lasketaan **yhteiskunnalliseen maksuhalukkuuteen** perustuvan menetelmän mukaisesti. Tämä menetelmä on nykyään käytössä monissa maissa.

Onnettomuuskustannukset lasketaan kahtena osana: onnettomuuden aiheuttamat reaalityövoimalliset menetykset ja ns. hyvinvoinnin menetykset.

Taloudellisia kustannuksia ovat kustannuserät, jotka aiheutuvat onnettomuudessa syntyneiden vahinkojen korjaamiseen käytetyistä resursseista, onnettomuuden seurauksena syntyvistä tuotannonmenetyksistä ja muista vastaavista suorista rahallisista kuluista. Nämä kustannukset muodostuvat seuraavasti:

- onnettomuuden uhrin työn menetys (bruttokansantuote/työvoima)
- sairaanhoitokulut
- hallintokulut
- (hautajaiset)
- ajoneuvovahingot.

Hyvinvoinnin menetykset lasketaan yhteiskunnalliseen maksuhalukkuuteen perustuvana. Kustannusosa sisältää sekä onnettomuuden seurauksena aiheutuvat että koetun onnettomuusriskin aiheuttamat hyvinvoinnin menetykset. Menetykset on arvioitu henkilövahinkotyypeittäin seuraavasti:

- **Onnettomuudessa kuolleen** hyvinvoinnin menetys on 100-prosenttisesti invalidisoituneen ihmisen keskimääräinen laitoshoitokustannus jäljellä olevalta elinajalta (30v).
- **Pysyvästi vammautuneen** hyvinvoinnin menetys on määritelty keskimääräisen lääketieteellisen invalidiasteen mukaisesti (46% täysinvalidin menetyksestä).
- **Tilapäisesti vammautuneen** hyvinvoinnin menetys on arvioitu vertaamalla sairauspäivien lukumäärää pysyvästi vammautuneen laitoshoidoaikaan (0,5% pysyvästi vammautuneen menetyksestä).

Onnettomuuskustannukset arvotetaan laskettavissa olevia taloudellisia kustannuksia suuremmiksi. Yksikkökustannusten määrittelyssä on käytetty diskonttauskorkona 5%:a ja talouskasvuvariona 2,4%:a. Invaliditeettiasteet perustuvat suomalaiseen tilastoaineistoon.

Henkilövahinkojen yksikkökustannukset on esitetty taulukossa 2.6 ja onnettomuuslajeittaiset yksikkökustannukset taulukossa 2.7.

Taulukko 2.6 Liikenneonnettomuuden henkilövahinkojen yksikkökustannukset yleisillä teillä 1995

Vahinkotyyppi	Yksikkökustannus (mk)		
	Taloudellinen kustannus	Hyvinvoinnin menetys	Yhteensä
Kuollut	2 700 000	5 100 000	7 800 000
Pysyvästi vammautunut	2 470 000	2 330 000	4 800 000
Tilap. vammautunut	37 000	15 000	52 000
- vaikea vamma	59 700	23 800	83 500
- lievä vamma	12 900	6 100	19 000
Vammautunut keskimäärin	89 500	56 900	146 400

Taulukko 2.7 Erilaisten onnettomuuksien yksikkökustannukset yleisillä teillä 1995

Onnettomuuslaji	Kustannus (mk)	
	Korjaamaton	Korjattu
Kuolemaan johtanut onnettomuus	9 100 000	9 100 000
Pysyvään vammautumiseen johtanut onnettomuus	5 600 000	5 600 000
Tilapäiseen vammautumiseen johtanut onnettomuus	58 500	93 000
Vammautumiseen johtanut onnettomuus	170 000	218 000
Henkilövahinko-onnettomuus	900 000	975 800
Omaisuuksivahinko-onnettomuus	14 350	46 500
Tieliikenneonnettomuus keskimäärin	256 500	328 000

Kustannukset on laskettu alkuvuoden 1995 hintatason mukaisina ja niissä on käytetty hyväksi tielaitoksen onnettomuustilastoja. Taulukossa 2.7 on esitetty sekä tilastojen perusteella lasketut kustannukset (korjaamaton luku) että ns. edustavuuskertoimien avulla korjatut kustannukset (korjattu luku). Taulukon 2.6 kustannukset on myös korjattu edustavuuskertoimilla.

Edustavuuskertoimien avulla on otettu huomioon yleisten teiden onnettomuuskustannusten las-

kennassa tielaitoksen onnettomuustilastojen peittävyys. Tieviranomaisten tietoon tulevat kaikki yleisten teiden kuolemaan johtaneet onnettomuudet, noin 65 prosenttia vammautumiseen ja noin 30 prosenttia omaisuusvahinkoon johtaneista onnettomuuksista. Vammautumiseen johtaneiden onnettomuuksien kustannuksia on korjattu keskimäärin edustavuuskertoimella 1,6 ja omaisuusvahinkoon johtaneiden kertoimella 3,3.

2.6 Ympäristökustannukset

Melun kustannuksiin sisältyvät haitat, jotka aiheutuvat lähinnä viihtyisyyden vähenemisestä. Haittojen kustannukset lasketaan melun häiritseväksi kokevien asukkaiden määrän ja melun yksikköhinnan avulla. Melun yksikköhinta on määritelty melun aiheuttaman päivittäisen häiriön keston ja tielaitoksen käyttämien ajan yksikköarvojen avulla. Melun yksikköhinta / vuosi on 5300 mk / melun häiriönä kokeva asukas.

Meluhaitat väylien läheisyydessä lasketaan päiväajan (klo 7-22) ulkomelun ekvivalenttitasojen avulla. Melun häiritseväksi kokevien osuus vaihtelee eri melutasoilla. Tiehankkeissa melun aiheuttaman haitan kustannuksia lasketaan aiheutuvan 55 dB:stä lähtien. Melun häiritsemien osuutena käytetään:

Melutaso dB	häiriötä kokevien osuus asukkaista %
55-65	33
65-70	50
> 70	100

Pakokaasujen kustannuksiin sisältyvät haittojen aiheuttamat taloudelliset menetykset. Kustannukset lasketaan tiehankkeissa päästömäärien ja yksikköhintojen avulla. Pakokaasujen haittojen yksikköhintoja määritettäessä on tarkasteltu sairauksia, korroosiota, likaantumista, viihtyisyyden vähenemistä, metsän ja pellon tuoton vähenemistä sekä kasvihuoneilmiötä.

Tieliikenteen pakokaasujen aiheuttamat haitat aiheutuvat pääosin typen oksidien, hiilivetyjen, hiukkasten ja hiilidioksidin päästöistä. Näille yhdisteille on määritetty yksikköhinnat. Epävarmuustekijöiden takia typen oksidien, hiilivetyjen ja hiukkasten yksikköhintoja on korotettu kertoimella 1,3. Yksikköhinnat on määritetty alkujaan vuoden 1989 hintatasossa. Taulukossa 2.8 esitetyt yksikköarvot on korjattu vuoden 1995 alun hintatasoon kuluttajahintaindeksin avulla.

Tarkemmat perusteet hinnoittelumenettelystä on esitetty raportissa Melun ja pakokaasujen hinnoittelu tiensuunnittelussa (TIEL 3200058, Helsinki 1992).

Taulukko 2.8 Tieliikenteen melun ja pakokaasujen yksikköhinnat 1995

Päästölaji	Yksikkökustannus	Yksikkö
Melu	5 300	mk vuodessa / melun häiriönä kokeva asukas
Typen oksidit	5 200	mk / tonni
Hiilivedyt	10 300	- " -
Hiukkaset	94 000	- " -
Hiilidioksidi	180	- " -

3 AJOKUSTANNUSTEN LASKENTAMENETELMÄ

3.1 Tarvittavat lähtötiedot

Tässä esitetty laskentamenetelmä on kehitetty käsinlaskentaa varten ja menetelmä on sen vuoksi pyritty tekemään verrattain yksinkertaiseksi.

Kustannuslaskenta etenee seuraavasti:

- lasketaan tuntiliikenteet tarkasteluvuosille
- määritetään nopeusmalleilla liikenteen keskimääräiset matkanopeudet (kevyet ja raskaat autot)
- lasketaan ajoneuvo- ja aikakustannukset
- määritetään onnettomuusasteet
- lasketaan onnettomuuskustannukset

Lähtötietoina tarvitaan:

Nykyisten ja suunniteltujen linkkien (tieosien) pituus, poikkileikkaus (leveys, kaistojen määrä), tiegeometria (mäkisyys, kaarteisuus), liittymätiheys ja nopeusrajoitus.

Linkkien keskivuorokausiliikenteet, raskaiden autojen määrät, liikenteen jakautuminen nykyiselle ja suunnitellulle verkolle, liikenne-ennuste eri tarkasteluvuosille sekä tuntijärjestyskäyrltä kunkin tieosan 1000. vilkkaimman tunnin liikenne eri vuosina.

Laskentamenetelmän kaavoissa on käytetty seuraavia merkintöjä:

V	(km/h)	matkanopeus vapaissa oloissa
dV	(km/h)	nopeusalenema
v	(km/h)	matkanopeus vallitsevissa oloissa (=V-dV)
V _{raj}	(km/h)	nopeusrajoitus
L	(km)	linkin pituus
N	(kpl)	kaistojen lukumäärä
W	(m)	päällysteen leveys
M	(m/km)	mäkisyys
K	(gon/km)	kaarteisuus
LT	(kpl/km)	liittymätiheys
KVL	(autoa/vrk)	keskivuorokausiliikenne
KVL _{rask}	(autoa/vrk)	raskaiden autojen keskivuorokausiliikenne
p	(%)	raskaiden autojen osuus
Q	(autoa/h)	tuntiliikenne
P	(l/100 km)	polttoaineenkulutus
dP	(l/100 km)	suhteellinen polttoaineenkulutus
A	(p/km)	ajoneuvokustannusten kiinteä osa
B	(p/km)	ajoneuvokustannusten muuttuva osa
v ₀	(km/h)	vertailunopeus
OA	(onn./milj.km)	onnettomuusasteen odotusarvo
OA _{hav}	(onn./milj.km)	havaittu onnettomuusaste
OA _{kes}	(onn./milj.km)	keskimääräinen onnettomuusaste
O	(onn./vuosi)	onnettomuusmäärä
O _{ilm}	(onn./vuosi)	onnettomuusmäärä ilman parantamistoimenpidettä
k	(-)	toimenpiteen vaikutuskerroin onnettomuusmäärään

Alaindeksit (esim. V_{kev}, V_{rask}) viittaavat kevyeen ja raskaaseen (tyyppi)autoon.

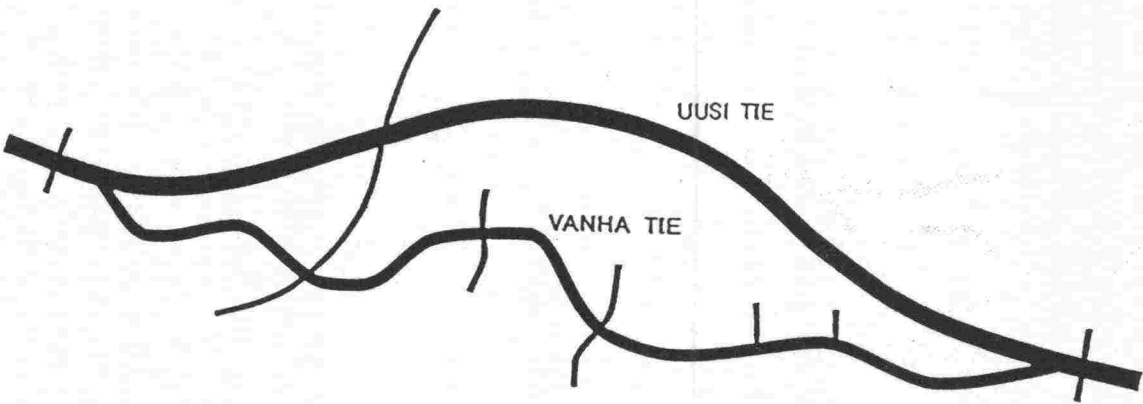
Kehystetyissä esimerkkilaskelmissa käsitellään vanhan valtatieyhteyden korvaamista moottoriliikennetiellä (mol-tie). 0-vaihtoehto merkitsee nykyistä tietä, vaihtoehto 1 sisältää uuden mol-tien ja sen rinnalla vanhan tien.

Esimerkin lähtötiedot:

	Nykyinen tie	Suunniteltu tie
pituus (km)	14,0	12,8
päällysteen leveys (m)	7	12,0
mäkisyys (m/km)	15	9
kaarteisuus (gon/km)	36	11
liittymätiheys (kpl/km)	0,53	0,06
nopeusrajoitus (km/h)	80	100
KVL 1994	5500	-
KVL _{rask} 1994	760	-

Tarkastelujakso on vv. 2000 - 2030. Liikenteen oletetaan pysyvän edellisvuoden tasolla v.1995, välille 1995 - 2010 odotetaan kasvua 3 %/a ja siitä vuoteen 2020 n. 1%/a, jonka jälkeen liikenteen ei ennusteta kasvavan. Uudelle tielle siirtyy 80 % liikenteestä. Tuntijärjestyskäyrä oletetaan läheisen konelaskentapisteen mukaiseksi nykyisellä ja suunnitellulla tiellä. Moottoriliikennetien verkossa vanhalla tiellä käytetään eteläsuomalaisen seudullisen tien tuntijärjestyskäyrää.

Kaavio esimerkkihankkeesta



3.2 Tuntiliikenteiden määrittäminen

Liikenne-ennusteen avulla saadaan keskivuorokausiliikenteet sekä raskaan liikenteen määrät tiehankkeen avausvuodelle ja viiden vuoden välein seuraaville 30 vuodelle (=käytettävälle tarkasteluajanjaksolle).

Keskivuorokausiliikenne, KVL (autoa/vrk)						
	1995	2000	2005	2010	2015	2020-2030
0-vaihtoehto	5500	6376	7392	8569	9006	9465
Ve 1, uusi tie	-	5101	5913	6855	7205	7572
Ve 1, vanha tie	5500	1275	1478	1714	1801	1893

Raskas liikenne, KVL _{rask} (autoa/vrk)						
	1995	2000	2005	2010	2015	2020-2030
0-vaihtoehto	760	881	1021	1184	1244	1308
Ve 1, uusi tie	-	705	817	947	996	1046
Ve 1, vanha tie	760	176	204	237	249	262

Tuntijärjestyskäyrän avulla lasketaan tarkastelu-
vuosien 1000. tunnin tuntiliikenteet. Käyrä saa-
daan esimerkiksi läheisten konelaskentapistei-
den tiedoista (julkaisusta Koneellinen liikennelas-
kenta 1987, TVH 713 427) tai liitteessä (kuva 1)
esitetyistä tyypillisistä tuntijärjestyskäyristä.

Vuoden 1000. tunnin liikenne, Q ₁₀₀₀ (autoa/h)					
	2000	2005	2010	2015	2020-2030
0-vaihtoehto	510	591	686	720	757
Ve 1, uusi tie	408	473	548	576	606
Ve 1, vanha tie	102	118	137	144	151

3.3 Matkanopeuksien määrittäminen

Määritetään kevyiden ja raskaiden autojen **matkanopeus vapaissa oloissa (V)**:

1-ajorataiset tiet, kun päällysteen leveys > 7 m

$$V_{kev} = 20 + 0,58 \cdot V_{raj} + 1,80 \cdot V_{raj} / 80 \cdot W$$

$$V_{rask} = 18 + 0,58 \cdot V_{raj} + 1,90 \cdot V_{raj} / 80 \cdot W$$

1-ajorataiset tiet, kun päällysteen leveys ≤ 7 m

$$V_{kev} = 20 + 0,50 \cdot V_{raj} + 2,80 \cdot V_{raj} / 80 \cdot W$$

$$V_{rask} = 18 + 0,50 \cdot V_{raj} + 2,90 \cdot V_{raj} / 80 \cdot W$$

2-ajorataiset tiet

$$V_{kev} = 20 + 0,87 \cdot V_{raj}$$

$$V_{rask} = 18 + 0,87 \cdot V_{raj}$$

Kun nopeusrajoitus on 100 km/h, käytetään raskaille autoille V_{raj} arvona 81 km/h ja kun nopeusrajoitus on 120 km/h, käytetään V_{raj} arvona kevyille autoille 110 km/h ja raskaille autoille 82 km/h.

0-vaihtoehto:

$$V_{kev} = 20 + 0,50 \cdot 80 + 2,80 \cdot 80 / 80 \cdot 7 = 79,6$$

$$V_{rask} = 18 + 0,50 \cdot 80 + 2,90 \cdot 80 / 80 \cdot 7 = 78,3$$

$$\text{Ve 1, uusi tie: } V_{kev} = 105,0 \text{ ja } V_{rask} = 88,1$$

$$\text{Ve 1, vanha tie: } V_{kev} = 79,6 \text{ ja } V_{rask} = 78,3$$

Määritetään tien geometrian, liikenteen ja muiden olosuhteiden aiheuttama **matkanopeuden alenema** dV kunkin tarkasteluvuoden 1000 tuntina (verrattuna vapaisiin liikenneoloihin):

1-ajorataiset tiet

$$dV_{kev} = V_{kev} / 800 \cdot K + p / 10 \cdot LT + 0,08 \cdot V_{kev} \cdot Q / 1000$$

$$dV_{rask} = V_{rask} / (M + 200) \cdot M + LT + 0,08 \cdot V_{rask} \cdot Q / 1000$$

2-ajorataiset tiet

$$dV_{kev} = V_{kev} / 800 \cdot K + p / 10 \cdot LT + 0,08 \cdot V_{kev} \cdot Q / (N \cdot 1000)$$

$$dV_{rask} = V_{rask} / (M + 200) \cdot M + LT + 0,08 \cdot V_{rask} \cdot Q / (N \cdot 1000)$$

Tarkistetaan, että raskaiden autojen **matkanopeus** ei tule suuremmaksi kuin kevyiden autojen ($dV_{rask} \geq (V_{rask} - V_{kev} + dV_{kev})$).

Korjataan **matkanopeuden alenema** tarvittaessa seuraavasti:

- öljysorapäällysteinen tie: lisäalenema $0,04 \cdot V_{kev}$
- sorapäällysteinen tie: lisäalenema $0,1 \cdot V_{kev}$
- liikennevalot: tarkastellaan erikseen.

Esimerkiksi: 0-vaihtoehto, 1000. tunti vuonna 2000:

$$dV_{kev} = 79,6/800 \cdot 36 + 13,8/10 \cdot 0,53 + 0,08 \cdot 79,6 \cdot 510/1000 = \underline{7,6}$$
$$dV_{rask} = 78,3/(15+200) \cdot 15 + 0,53 + 0,08 \cdot 78,3 \cdot 510/1000 = \underline{9,2}$$

Tarkistus: $dV_{rask} \geq 78,3 - 79,6 + 7,6 = 6,3$ eli $dV_{rask} = \underline{9,2}$

Matkanopeuden alenema, dV (km/h)

	2000	2005	2010	2015	2020-2030
0-vaihtoehto:					
dV _{kev}	<u>7,6</u>	8,1	8,7	8,9	9,1
dV _{rask}	<u>9,2</u>	9,7	10,3	10,5	10,7
Ve 1, uusi tie:					
dV _{kev}	5,0	5,5	6,1	6,4	6,6
dV _{rask}	6,7	7,2	7,7	7,9	8,1
Ve 1, vanha tie:					
dV _{kev}	5,0	5,1	5,2	5,2	5,2
dV _{rask}	6,6	6,7	6,9	6,9	6,9

Keskimääräinen matkanopeus määritetään
kevyille ja raskaille autoille kaavoista:

$$v_{kev} = V_{kev} - dV_{kev}$$
$$v_{rask} = V_{rask} - dV_{rask}$$

Esimerkiksi: Ve 1, uusi tie v. 2010:

$$V_{kev} = 105,0 - 6,1 = \underline{98,9}$$
$$V_{rask} = 88,1 - 7,7 = \underline{80,4}$$

Keskimääräinen matkanopeus, v (km/h)

	2000	2005	2010	2015	2020-2030
0-vaihtoehto:					
V _{kev}	72,0	71,5	70,9	70,7	70,5
V _{rask}	69,1	68,6	68,0	67,8	67,6
Ve 1, uusi tie:					
V _{kev}	100,0	99,5	<u>98,9</u>	98,6	98,4
V _{rask}	81,3	80,9	<u>80,4</u>	80,2	79,9
Ve 1, vanha tie:					
V _{kev}	74,6	74,5	74,4	74,4	74,3
V _{rask}	71,7	71,6	71,4	71,4	71,4

3.4 Ajoneuvokustannusten laskeminen

Ajoneuvokustannukset (Ank, p/km) kevyille ja raskaille autoille saadaan laskettua kohdassa 2.2 määritettyjen kustannusosien avulla. Ajosuorite-riippuvainen osa ns. kiinteistä kustannuksista lasketaan mukaan sellaisenaan. Ajoajasta riippu-
vainen osa kiinteistä kustannuksista kerrotaan vertailunopeuden (kevyillä autoilla 80 ja raskailla 70 km/h) ja 1000. tunnin matkanopeuden suhteella.

Taulukoista 3.1 ja 3.2 (sivu 25) saadaan määritet-
tyä **suhteellinen polttoaineenkulutus** (dP) vapaan matkanopeuden ja 1000. tunnin matka-

nopeuden avulla (polttoaineenkulutus tieosalla verrattuna kulutukseen keskimäärin koko vuon-
na). Polttoaineenkulutuksesta riippuvainen kus-
tannusosa (muuttuvat kustannukset, kohta 2.2)
kerrotaan suhteellisella polttoaineenkulutuksella.

$$Ank_{kev} = A_{kev}/2 + 80/v_{kev} \cdot A_{kev}/2 + dP_{kev} \cdot B_{kev}$$
$$Ank_{rask} = A_{rask}/2 + 70/v_{rask} \cdot A_{rask}/2 + dP_{rask} \cdot B_{rask}$$

Kaavojen kertoimien A ja B arvot vuoden 1995
kustannustasossa ovat: $A_{kev}=42,4$, $B_{kev}=43,4$,
 $A_{rask}=230,1$ ja $B_{rask}=168,7$ p/km (sivu 13).

Esimerkiksi: Ve 1, vanha tie, raskaan auton ajoneuvokustannukset (p/km) vuonna 2015:
Raskaan auton ajoneuvokustannusten kiinteä osa $A_{rask} = 230,1$ p/km ja muuttuva osa $B_{rask} = 168,7$ p/km.
Vastaava suhteellinen polttoaineenkulutus on 0,860, kun vapaa nopeus on 78,3 km/h ja keskimääräinen matkanopeus 71,4 km/h (taulukko 3.2).
 $Ank_{rask} = 230,1/2 + 70/71,4 \cdot 230,1/2 + 0,860 \cdot 168,7 = \underline{372,8}$

Ajoneuvokustannukset, Ank _{kev} ja Ank _{rask} (p/km)					
	2000	2005	2010	2015	2020-2030
0-vaihtoehto:					
Ank _{kev}	82,5	82,7	83,0	83,0	83,1
Ank _{rask}	379,8	381,4	383,3	384,0	384,8
Ve 1, uusi tie:					
Ank _{kev}	81,3	81,3	81,3	81,3	81,3
Ank _{rask}	368,5	369,4	370,5	370,9	371,4
Ve 1, vanha tie:					
Ank _{kev}	81,7	81,7	81,8	81,8	81,8
Ank _{rask}	372,2	372,4	372,7	<u>372,8</u>	373,0

Taulukko 3.1 Kevyen auton suhteellinen polttoaineenkulutus verrattuna keskimääräiseen kulutukseen

[illegible]

Taulukko 3.2 Raskaan auton suhteellinen polttoaineenkulutus verrattuna keskimääräiseen kulutukseen

[illegible]

Liikenteen vuotuiset ajoneuvokustannukset tie-
osittain (linkeittäin) saadaan laskettua liikenne-
määrän ja linkin pituuden avulla:

Ajoneuvokustannukset lasketaan linkeittäin kulle-
kin tarkasteluvuodelle erikseen kevyille ja ras-
kaille autoille.

$Ank(Mmk/v) = Ank(p/km) \cdot KVL \cdot 365 \cdot L / 10^8$

Ajoneuvokustannukset, Ank (Mmk/v)					
	2000	2005	2010	2015	2020-2030
0-vaihtoehto:					
Ank _{kev}	23,2	26,9	31,3	32,9	34,7
Ank _{rask}	17,1	19,9	23,2	24,4	25,7
Ve 1, uusi tie:					
Ank _{kev}	16,7	19,3	22,4	23,6	24,8
Ank _{rask}	12,1	14,1	16,4	17,3	18,2
Ve 1, vanha tie:					
Ank _{kev}	4,6	5,3	6,2	6,5	6,8
Ank _{rask}	3,4	3,9	4,5	4,7	5,0
Ve 1, yhteensä:					
Ank _{kev}	21,3	24,7	28,6	30,1	31,6
Ank _{rask}	15,5	18,0	20,9	22,0	23,1

3.5 Aikakustannusten laskeminen

Aikakustannukset (Aik , p/km) saadaan laskettua joko autolajeittain eri matkantarkoituksen mukaan, tai kevyille ja raskaille autoille kohdan 2.4 kustannusten ja keskimääräisten matkanopeuksien avulla.

Esimerkiksi: Ve 1, uusi tie, kevyet autot v. 2005
 $Aik_{kev} = 47,7/99,5 \cdot 100 = \underline{47,9}$

Aikakustannukset , Aik_{kev} ja Aik_{rask} (p/km)

	2000	2005	2010	2015	2020-2030
0-vaihtoehto:					
Aik_{kev}	66,2	66,7	67,3	67,5	67,7
Aik_{rask}	229,0	230,7	232,7	233,5	234,3
Ve 1, uusi tie:					
Aik_{kev}	47,7	<u>47,9</u>	48,2	48,4	48,5
Aik_{rask}	194,6	195,7	197,0	197,5	198,0
Ve 1, vanha tie:					
Aik_{kev}	63,9	64,0	64,1	64,1	64,2
Aik_{rask}	220,9	221,2	221,6	221,7	221,8

Vuotuiset aikakustannukset tieosittain (linkeittäin) $Aik(Mmk/v) = Aik(p/km) \cdot KVL \cdot 365 \cdot L/10^8$
lasketaan ajoneuvokustannusten tapaan:

Esimerkiksi: ve 1, uusi tie, raskaat autot v. 2010
 $Aik_{rask} = 197,0 \cdot 947 \cdot 365 \cdot 12,8/10^8 = \underline{8,7}$

Aikakustannukset , Aik_{kev} ja Aik_{rask} (Mmk/v)

	2000	2005	2010	2015	2020-2030
0-vaihtoehto:					
Aik_{kev}	18,6	21,7	25,4	26,8	28,2
Aik_{rask}	10,3	12,0	14,1	14,8	15,7
Ve 1, uusi tie:					
Aik_{kev}	9,8	11,4	13,3	14,0	14,8
Aik_{rask}	6,4	7,5	<u>8,7</u>	9,2	9,7
Ve 1, vanha tie:					
Aik_{kev}	3,6	4,2	4,8	5,1	5,4
Aik_{rask}	2,0	2,3	2,7	2,8	3,0
Ve 1, yhteensä:					
Aik_{kev}	13,4	15,6	18,2	19,1	20,1
Aik_{rask}	8,4	9,8	11,4	12,0	12,6

3.6 Onnettomuusmäärien selvittäminen

Liikennetaloudellisia laskelmia varten tärkeintä on selvittää mahdollisimman luotettavasti **henkilövahinko-onnettomuuksien määrissä tapahtuvat muutokset**. Pelkästään omaisuusvahinkoihin johtavien onnettomuuksien taloudellinen merkitys on laskelmissa marginaalinen.

Henkilövahinko-onnettomuuksien määriä voidaan arvioida useiden eri menetelmien avulla. Käytävissä on onnettomuusmäärämalleja, tietoja onnettomuusasteista erilaisissa tie- ja liikenneoloissa sekä arvioita tienpitotoimien vaikutuksista erilaisiin onnettomuustyyppisiin. Onnettomuustarkastelun lähtökohtana on kuitenkin aina liikenneonnettomuuksien analysointi siltä verkon osalta, jolla tapahtuvat liikenteelliset muutokset ovat kustannustarkastelun kannalta merkittäviä.

Tapahtuneiden henkilövahinko-onnettomuuksien määrä ei useinkaan kuvaa riittävän luotettavasti tietyn tienosan turvallisuustasoa. Pieniin onnettomuuslukuihin liittyy suurta satunnaisvaihtelua tilastointiin sisältyvien epävarmuustekijöiden lisäksi. Luotettavimmat arviot kohteen turvallisuustilanteesta voidaan tehdä yhdistämällä tiedot tapahtuneista onnettomuuksista sekä tie- ja liikenneolojen pohjalta lasketuista keskimääräisistä onnettomuusmäärien arvioista.

Seuraavassa esitetyllä menettelyllä voidaan karkeasti arvioida onnettomuustilanteen muutosten taloudellisia vaikutuksia. Tarkastelu on jaettu kahteen osaan:

- nykyisen ja uuden tieyhteyden onnettomuustarkastelu
- parannetun tien onnettomuustarkastelu.

Nykyisen ja uuden tieyhteyden onnettomuudet

Nykyisen tien henkilövahinko-onnettomuusasteelle (heva-onn./milj.autokm) määritetään odotusarvo laskemalla viiden viimeisimmän vuoden havaitun onnettomuusasteen ja tieolojen perusteella arvioidun keskimääräisen onnettomuusasteen (taulukko 3.3) keskiarvo. Heva-onnettomuusasteen odotusarvo on tällöin:

$$OA = (OA_{hav} + OA_{kes})/2$$

Uuden tieyhteyden onnettomuusaste joudutaan arvioimaan suunniteltujen tieolosuhteiden ja ennustettujen liikenneolosuhteiden pohjalta. Karkean arvion tulevan onnettomuustilanteen tasosta voi tehdä taulukon 3.3 tieolosuhteisiin pohjautuvan keskimääräisen onnettomuusasteen avulla ($OA = OA_{kes}$).

Taulukon 3.3 heva-onnettomuusasteet kuvaavat tielinjan ja liittymien yhdistettyä onnettomuusastetta. Tarkemmat laskelmat voidaan tehdä ohjeessa "**Turvallisuusvaikutusten arviointi vaikutuskertoimilla**" (tielaitoksen sisäisiä julkaisuja n:o 6/1995) esitetyllä tavalla laskemalla onnettomuusmäärät erikseen liittymissä ja tielinjalla.

Jos tarkasteltavalla tieosuudella on tapahtunut verrattain paljon henkilövahinko-onnettomuuksia (vähintään 20 onnettomuutta viiden viimeisimmän vuoden aikana), voidaan heva-onnettomuusasteen odotusarvo laskea pelkkien tapahtuneiden onnettomuuksien määrän perusteella.

Taulukko 3.3 Henkilövahinko-onnettomuuksien keskimääräisiä onnettomuusasteita (onnettomuudet/milj.autokm) yleisillä teillä

Moottoriväylät ¹⁾

Moottoritie	0,09
Moottoriliikennetie	0,11

1) Sisältää eritasoliittymien onnettomuudet

Taajamien ulkopuoliset muut tiet

Tietyyppi	Nopeusrajoitus (km/h)		
	≤ 70 km/h	80 km/h	100 km/h
Valta- tai kantatie	0,26	0,19	0,14
Seudullinen tie, kooja- tai yhdystie	0,28	0,21	0,15

Tiet taajamissa ²⁾

Tieympäristö	Nopeusrajoitus (km/h)		
	≤ 50 km/h	60 - 70 km/h	≥80 km/h
Tien varressa palveluja	0,61	0,44	0,24
Tien varressa muuta maankäyttöä	0,34	0,30	0,23

2) Tierekisterin tietolajin 306, Maankäyttötieto mukainen taajaman tie.

Huom: Taulukosta saadaan erilaisten tieolosuhteiden keskimääräinen henkilövahinkojen onnettomuusaste. Nopeusrajoitus on valittu yksin kuvaamaan tie- ja liikenneolosuhteita. Nopeusrajoituksen muutoksen vaikutusta ei kuitenkaan voida arvioida taulukon perusteella, sillä eri nopeusrajoituksen alaiset tiet poikkeavat toisistaan yleensä myös monella muulla tavalla.

Heva-onnettomuusasteen odotusarvon ja vuotuisen ajosuoritteen tulona saadaan laskettua halutun tarkasteluvuoden henkilövahinko-onnettomuuksien määrä taloudellisuuslaskelmia varten yleensä riittävän luotettavasti:

$O \text{ (heva-onn./a)} = OA \cdot KVL \cdot 365 \cdot L/10^6$

Liikennemäärän kasvun ei laskelmissa oleteta vaikuttavan tieosuuden onnettomuusasteeseen tieolosuhteiden pysyessä muuttumattomina, jolloin onnettomuusmäärät kasvavat ajosuoritteen suhteessa.

Parannetun tien onnettomuudet

Parannettavan tien henkilövahinko-onnettomuuksien määrä arvioidaan ensin ilman parantamistoimenpiteitä (O_{ilm}) samalla tavoin kuin nykyisen tien onnettomuusmäärä. Parantamistoimenpitei-

den vaikutus onnettomuusmäärään voidaan arvioida tien parantamistoimenpiteen mukaisen vaikutuskertoimen avulla (taulukko 3.4).

Taulukko 3.4 Turvallisuustoimenpiteiden vaikutus heva-onnettomuuksiin ¹⁾

TOIMENPIDE	VAIKUTUS KERROIN (k)	TOIMENPIDE	VAIKUTUS KERROIN (k)
KEVYEN LIIKENTEEN JÄRJESTELYT		LIITTYMIEN PARANTAMINEN	
Kevyen liikenteen väylä	0,85	Nelihaaraliittymän täyskanavointi	0,75
Kevyen liikenteen eritaso	0,85	Kolmihaaraliittymän täyskanavointi	0,95
Koroke päätien suojatielle	0,90	Liittymän porrastaminen	0,80
Suojatien valo-ohjaus	0,85	Kiertoliittymän rakentaminen	0,75
Suojatiejärjestelyt	0,95	Eritasoliittymän rakentaminen	0,60
		Väistötilan rakentaminen	0,90
LIIKENTEEN OHJAUS		TIEN PARANTAMINEN	
Nopeusrajoituksen muutos ²⁾		Moottoriliikennetie → moottoritie	0,85
50 → 40 km/h	0,90	Tievalaistus myötäväin pylväin	0,90
60 → 50 km/h	0,91	Suuntauksen parantaminen, maaseutu	0,85
70 → 60 km/h	0,92	Kapean tien leventäminen, maaseutu	0,90
80 → 70 km/h	0,93	Ohituskaista	0,95
100 → 80 km/h	0,70	Yksityistiejärjestelyt	0,90
Uusi valo-ohjaus, 4-haaraliittymä	0,55	Hirvi-aita	0,95
Uusi valo-ohjaus, 3-haaraliittymä	0,90	Ympäristön pehmentäminen tai kaiteet	0,95
Liikennetieto-ohjaus, valmiit valot	0,95		
Kärkikolmion asettaminen	0,95	TAAJAMAN LIIKENNEJÄRJESTELYT	
STOP-merkin asettaminen	0,75	Taajaman keskustatien saneeraus, sisältäen nopeusrajoituksen alent.	0,70
Keski- ja reunaviivojen merkitsem.	0,90	Taajaman liikennejärjestelyt	0,85
Reunapaalut, 80 km/h	1,10		
Reunapaalut, 100 km/h	0,95	RAUTATIENTASORISTEYS	
		STOP-merkin asettaminen	0,60
TALVIKUNNOSSAPITO		Puolipuomit	0,50
Talvikunnossapidon selvä parannus	0,95	Eritason rakentaminen	0,30

1) Toimenpiteiden vaikutus lasketaan niiden vaikutusalueen onnettomuuksista. Pistemäisen toimenpiteen vaikutusalueena voidaan yleensä pitää 200 m toimenpiteestä kumpaankin suuntaan.
2) Nopeusrajoituksen korottamisen kerroin saadaan alentamisen vaikutuksen käänteisarvona.

Arvio toimenpiteen jälkeisestä henkilövahinko-onnettomuuksien määrästä saadaan suoraan kertomalla ilman toimenpidettä tapahtuvaksi arvioitu onnettomuusmäärä vaikutuskertoimella:

$O \text{ (heva-onn./a)} = k \cdot O_{ilm}$

Vaikutuskertoimilla kerrottaviin onnettomuusmääriin (O_{ilm}) saavat sisältyä vain toimenpiteen vaikutusalueella tapahtuneet onnettomuudet. Jos kaksi

toimenpidettä (tai useampi) vaikuttaa samoihin onnettomuuksiin, saadaan arvio onnettomuusmäärästä kertomalla lähtökohtatilanteen onnettomuusmäärä yksittäisten toimenpiteiden vaikutuskertoimien tulolla. Nopeusrajoituksen muuttuminen parannetulla tiellä alkuperäisestä muuttaa onnettomuustilannetta ja myös sen vaikutus arvioidaan taulukon 3.4 vaikutuskertoimien avulla.

Taulukon 3.4 vaikutuskertoimet ovat verrattain karkeita keskiarvolukuja. Toimenpiteiden todellinen vaikutus onnettomuustilanteeseen on paljolti riippuvainen kohteen toteuttamisen yksityiskohdistusta ja laadusta. Vaikutuskertoimet soveltuvat siten taloudellisuuslaskelmien tarpeisiin mutta eivät erilaisten toimenpidevaihtoehtojen valintapäätösten perustaksi.

Yksityiskohtaisempia tarkasteluja varten on käytettävissä mm. julkaisu ja siihen liittyvä ohjelma: Turvallisuusvaikutusten arviointi vaikutuskertoimilla, käyttöohje, TARVA versio 1.1 (Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 6/1995, Helsinki 1995).

Esimerkkitapauksessa onnettomuusasteet arvioitiin nykyiselle tielle (sekä 0-vaihtoehdolle että ve 1:lle) viiden vuoden onnettomuustietojen ja taulukon 3.3 avulla. Onnettomuusasteen oletettiin pysyvän samana koko tarkasteluajanjakson. Moottoriliikennetien onnettomuusaste arvioitiin taulukon 3.3 keskimääräisen onnettomuusasteen avulla. Näin saatiin nykyiselle tielle henkilövahinko-onnettomuusasteeksi $(0,17+0,19)/2 = 0,18$ onn./milj. autokm ja moottoriliikennetielelle 0,11 onn./milj. autokm.

Onnettomuusasteiden ja liikennemäärien perusteella arvioitiin henkilövahinko-onnettomuuksien määrät eri vuosille.

Esimerkiksi: ve 1, uusi tie v. 2015:
 $0,11 \cdot 7205 \cdot 365 \cdot 12,8/10^6 = 3,7$ henkilövahinko-onnettomuutta

	2000	2005	2010	2015	2020-2030
0-vaihtoehto	5,9	6,8	7,9	8,3	8,7
Ve 1, uusi tie	2,6	3,0	3,5	<u>3,7</u>	3,9
Ve 1, vanha tie	1,2	1,4	1,6	1,7	1,7
Ve 1, yhteensä	3,8	4,4	5,1	5,4	5,6

3.7 Onnettomuuskustannusten laskeminen

Onnettomuuskustannukset voidaan suunnittelutilanteissa usein arvioida riittävällä tarkkuudella käyttämällä henkilövahinko-onnettomuuksien määrää ja yksikkökustannusta. Arvio kustannuksista voidaan myös tehdä onnettomuuksien vakavuusasteiden ja vastaavien onnettomuuksien

yksikkökustannusten perusteella. Omaisuusvahinko-onnettomuuksien kustannukset voidaan ottaa huomioon vakiokertoimen avulla (esim. kerroin 1,1, jolloin osuus onnettomuuskustannuksista on noin 10%).

Esimerkkitapauksessa onnettomuuskustannuksina käytettiin kaikissa vaihtoehtoisissa keskimääräistä henkilövahinko-onnettomuuden kustannusta. Omaisuusvahinko-onnettomuudet otettiin huomioon kertoimen avulla.

Esimerkiksi: 0-ve v. 2005: $Onk = 6,8 \cdot 975800 \cdot 1,1 / 10^6 = 7,3$

	2000	2005	2010	2015	2020-2030
0-vaihtoehto	6,3	<u>7,3</u>	8,5	8,9	9,3
Ve 1, uusi tie	2,8	3,3	3,8	4,0	4,2
Ve 1, vanha tie	1,3	1,5	1,7	1,8	1,9
Ve 1, yhteensä	4,1	4,7	5,5	5,8	6,0

3.8 Ympäristökustannusten laskeminen

Liikenteen aiheuttamat päästöt, melutasot ja melualueilla asuvat lasketaan sen tieverkon alueella, jonka liikennemääriin tai -olosuhteisiin hanke vaikuttaa merkittävästi.

Melun vaikutustarkasteluissa selvitetään päiviiliikenteen (klo 7-22) ulkomelun ekvivalenttitasot. Väylän läheisyydessä määritetään erikseen 55, 65 ja 70 dB:n melutasojen etäisyys tiestä eli melurajat (melukäyrät) ja arvioidaan näiden rajamilla melualueilla asuvien määrät laskentajakson päättymisvuonna. Melualueiden rajoja ei yleensä ole tarpeen määrittää erikseen tarkastelujakson muina vuosina, sillä liikennemäärien normaalit muutokset vaikuttavat melutasoihin vain vähän. Asukkaiden määrien arviointiin voidaan käyttää väestörekisterin tietoja tai rakennusten määrän avulla tehtyjä arvioita.

Meluhaittojen kustannukset lasketaan melun yksikkökustannuksen ja melun häiritseväksi kokevien määrän avulla kohdassa 2.6 esitettyjen periaatteiden mukaisesti.

Pakokaasupäästöjä laskettaessa tulee ottaa huomioon ajo-olosuhteet, nopeustaso ja autojen

tekninen kehittyminen. Verkon katuosuuksille ja maantieosuuksille tulee käyttää eri ominaispäästökertoimia (g/ajokm).

Pakokaasupäästöt lasketaan vähintään tien avaimisvuodelle, yhdelle välivuodelle ja viimeiselle tarkasteluvuodelle. Päästöjen kehittymiseen vaikuttaa mm. katalysaattoriautojen yleistyminen. Vuonna 2020 autokannan oletetaan pääosin täytävän sekä raskaille autoille että henkilöautoille asetetut tiukemmat päästömääräykset. Pakokaasujen päästöt eivät tarkastelujaksolla välttämättä kehity lineaarisesti.

Pakokaasujen kustannukset lasketaan päästömäärien (tonnia/vuosi) ja kohdassa 2.6 esitettyjen päästöjen yksikkökustannusten (mk/tonni) avulla.

Tietoja melutasojen ja pakokaasupäästöjen laskennasta löytyy mm. julkaisuista: Vähemmän melua - opas tiensuunnittelijoille (TIEL 2150005, Hki 1991) ja Yleisten teiden ympäristön tilan selvitys (Tielaitoksen selvityksiä 76/1992, Hki 1992). Katuosuuksien päästöjen laskemiseen voidaan käyttää VTT:n LIISA-tietojärjestelmän ominaispäästökertoimia (versio 2.2) eri katutypeille.

Esimerkkitapauksessa on arvioitu melualueilla asuvien määrät tarkastelujaksolla vuonna 2020, jolloin nykyisellä tiellä 55 dB:n melualue olisi noin 140 m levyinen, mutta se kapenee 60 metriin osan liikenteestä siirtyessä uudelle tielle. Uudella tiellä on vastaavan melualueen leveys noin 160 metriä ja alueelle jää yksittäisiä rakennuksia. Melun häiriönä kokevien asukkaiden määrä lasketaan sivulla 18 esitetyn taulukon avulla.

Esim.: Ve 0, melun häiritsemiä yhteensä = 0,33*190+0,50*51 = 63+26 = 89

	Melualueella asuvien määrät v. 2020				Melun häiriönä kokevien asukkaiden määrä
	Melutaso	55-65 dB	65-70 dB	>70 dB	
0-vaihtoehto	190	51	0		<u>89</u>
Ve 1, uusi tie	15	0	0		5
Ve 1, vanha tie	90	0	0		30

Esimerkkitapauksessa laskettiin päästöt erikseen kevyille ja raskaille ajoneuvoille. Laskennassa on otettu huomioon ajoneuvojen tekninen kehitysminen, nopeustaso ja ajo-olosuhteet. Taulukossa esitetyt luvut ovat vuotuisia kokonaispäästöjä 10 vuoden välein laskettuina.			
Vuosi	Vuotuiset päästömäärät, tonneja		
	2000	2010	2020-2030
0-vaihtoehto			
Typen oksidit	107,0	82,3	71,1
Hiilivedyt	21,8	10,8	8,7
Hiukkaset	8,4	5,3	3,8
Hiilidioksidi	8000	10900	12000
Ve 1, uusi tie			
Typen oksidit	82,4	59,5	50,7
Hiilivedyt	9,4	6,0	5,1
Hiukkaset	6,8	4,2	3,0
Hiilidioksidi	6800	9100	10100
Ve 1, vanha tie			
Typen oksidit	21,3	16,5	14,1
Hiilivedyt	4,3	2,3	1,7
Hiukkaset	1,7	1,2	0,7
Hiilidioksidi	1500	2100	2400

Esimerkkitapauksen ympäristökustannukset (Mmk/vuosi) esitetään seuraavassa taulukossa. Välivuodet (2005 ja 2015) on laskettu suoraan interpoloimalla. Melun kustannukset oletetaan koko laskentajakson ajan samoiksi (laskenta vuoden 2020 tilanteen mukaan).					
Esimerkiksi 0-vaihtoehto v. 2020: Melun kustannukset = 89 * 5300 mk = 0,47 Mmk, pakokaasujen kustannukset = 71,1 * 5200 mk + 8,7 * 10300 mk + 3,8 * 94000 mk + 12000 * 180 mk = 2,98 Mmk.					
Vuosi	Vuotuiset ympäristökustannukset, Mmk				
	2000	2005	2010	2015	2020-2030
0-vaihtoehto					
Melu	0,47	0,47	0,47	0,47	<u>0,47</u>
Pakokaasut	3,01	3,00	3,00	2,99	<u>2,98</u>
Ve 1, uusi tie					
Melu	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Pakokaasut	2,39	2,40	2,40	2,41	2,42
Ve 1, vanha tie					
Melu	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
Pakokaasut	0,58	0,59	0,60	0,59	0,59
Ve 1, yhteensä					
Melu	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Pakokaasut	2,97	2,99	3,00	3,00	3,00

3.9 Tiehankkeen kustannukset

Tiehankkeen kustannuksiin kuuluvat tien rakentamisen kustannukset rakennusaikaiset korot mukaanluettuna ja tien kunnossapidon kustannukset (Kpk, kunnossapito ja uudelleen päällystäminen).

Käytettäessä tämän julkaisun mukaisia yksikkökustannuksia on tiehankkeen kustannukset (arviot) esitettävä maarakennuskustannusindeksin (1990=100; lyhenne MAKU-ind.) pisteluvun 104 mukaisessa kustannustasossa. Tämä vastaa

ennen käytetyn tr-indeksin tasoa 134 ja tammi-kuun 1995 indeksiarvoja (MAKU: 104,1 - tr: 134).

Vuotuiset kunnossapitokustannukset arvioidaan esim. tien kunnossapitoluokan ja kunnossapitolastojen avulla. Uudelleen päällystämisen kustannukset sisällytetään yleensä kunnossapitokustannuksiin (keskimääräinen vuosikustannus), mutta niitä voidaan periaatteessa käsitellä myös määräaikaisina lisäinvestointeina.

Laskentaesimerkin **rakennuskustannukset** on arvioitu alunperin tr-indeksin pisteluvun 126 mukaisessa kustannustasossa 155 mmk:ksi. Ottamalla huomioon indeksimuunnos ja rakennusaikaiset korot, saadaan kuoletettavat rakennuskustannukset. Jäännösarvoprosentin avulla saadaan jäännösarvo laskentajakson lopussa ja tämä diskontataan avaamisvuoteen.

Laskennan tr-indeksi	126	⇒	134	
Kustannusarvio	155	⇒	165	Mmk
Rakennusaika 3 vuotta. Korot yht. 9,3 %			15	"
Kuoletettava kustannus (K)			180	Mmk
Laskentajakso 30 vuotta, laskentakorko 6 %				
Jäännösarvoprosentti 30 %				
Jäännösarvo (J)			9	Mmk

Kunnossapitokustannukset (Mmk/vuosi) on laskentaesimerkissä arvioitu seuraaviksi:

Vuosi	Vuotuiset kunnossapitokustannukset, Mmk				
	2000	2005	2010	2015	2020-2030
0-vaihtoehto	1,0	1,1	1,2	1,2	1,2
Ve 1, uusi tie	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0
Ve 1, vanha tie	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6
Ve 1, yhteensä	1,4	1,5	1,6	1,6	1,6

3.10 Taloudellisuustarkastelut

Tienpidon taloudellisuustarkasteluissa liikenteen ajokustannuksiin (AK) lasketaan ajoneuvokustannukset (Ank), aikakustannukset (Aik) ja onnettomuuskustannukset (Onk). Liikenteen ympäristökustannuksiin (Ymk) lasketaan melun ja pakokaasupäästöjen haittojen kustannukset.

Ennen vuotta 1992 ajokustannusjulkaisuissa on käsitelty pelkästään ajokustannusten määrittämistä. Nykyisin liikenteen melun ja pakokaasupäästöjen kustannuseriä käsitellään taloudellisuuslaskelmissa samoin periaattein kuin ajokustannuksia. Kuitenkin on suositeltavaa käsitellä sekä ajokustannusten että ympäristökustannusten osakustannuksia ja niiden muutoksia erillisinä. Tuloksina ilmoitetaan tiehankkeiden liikennetaloudelliset tunnusluvut sekä ilman ympäristökustannuksia että niiden kanssa.

Tiehankkeen taloudellisuuteen vaikuttavat liikenteen kustannusten ja rakennuskustannusten lisäksi tien käytön kustannukset (Kpk, lähinnä tien

kunnossapito ja uudelleen päällystäminen) sekä erilaiset tiehankkeesta aiheutuvat kerrannaisvaikutukset esim. aluetalouteen.

Hankkeen tarkastelujakson (tie- ja siltahankkeilla 30 vuotta) eri vuosina erääntyvät kustannukset (esim. rakennuskustannukset, niiden korot, liikenteen kustannukset) tai vaikutuksina kertyvät rahalliset hyödyt (säästöt) on tarpeen saada keskenään verrattaviksi. Tästä syystä kustannukset ja hyödyt diskontataan sovitulla laskentakorolla (6 %) perusvuoteen (yleensä hankkeen käyttöönottovuosi). Samoin menetellään myös hankkeen laskennallisen jäännösarvon sekä kunnossapito- ja päällystyskustannusten kanssa.

Diskonttaus voidaan tehdä jokaiselta tarkastelujakson vuodelta. Riittävä tarkkuus saadaan määrittämällä kustannukset jakson alku- ja loppuvuodelta sekä väli vuosilta 5 (tai 10) vuoden välein, jos liikenteen säästö- tai kustannuserien voidaan olettaa muuttuvan väliaikoina suoraviivaisesti.

Tässä käsitellään yhteenlaskettuja kevyiden ja raskaiden autojen ajokustannuksia sekä ympäristö- ja kunnossapitokustannuksia (Mmk). Käytetty diskonttauskaava antaa 30 vuoden laskentajakson vuosikustannusten nykyarvosumman laskettuna 5 vuoden välein määriteltujen vuosikustannusten avulla 6 prosentin korolla.
Esimerkiksi: ajoneuvokustannukset, 0-vaihtoehto, kevyet autot: $Ank = 2,5 \cdot 23,2 + 3,74 \cdot 26,9 + 2,79 \cdot 31,3 + 2,09 \cdot 32,9 + (1,56 + 1,16 + 0,44) \cdot 34,7 = 424,2$ Mmk

	0-ve	Ve 1 uusi	Ve 1 vanha	Ve 1 yhteensä	Säästö
Ank _{kev}	424,2	304,1	83,7	387,8	36,4
Ank _{rask}	314,1	222,2	61,1	283,3	30,8
Yhteensä	738,3	526,3	144,8	671,1	67,2
Aik _{kev}	343,4	180,3	65,6	245,8	97,6
Aik _{rask}	190,5	118,0	36,3	154,4	36,2
Yhteensä	534,0	298,3	101,9	400,2	133,8
Onk	114,7	51,3	22,9	74,2	40,5
Yhteensä	1386,9	875,9	269,6	1145,5	241,5
Ymk	49,6	34,7	10,7	45,4	4,1
Kpk	16,6	13,7	8,3	22,0	-5,7

Hankkeen taloudelliset tunnusluvut

Hankkeen kannattavuuden arviointia ja eri vaihtoehtojen edullisuuden vertailua varten on kehitetty laskennallisia menetelmiä, joilla eriaikaisia ja erilaisia vaikutuksia yhdistetään edullisuutta kuvaaviksi tunnusluvuiksi.

Yleisimmin käytetyt liikennetaloudelliset tunnusluvut tiehankkeiden vertailussa ovat:

- **Hyöty-kustannussuhde (H/K):**
Koko laskenta-ajanjaksolta (yleensä 30 vuotta) perusvuoteen diskontattujen hyötyjen suhde vastaavasti diskontattuihin investointikustannuksiin.

- **Ensimmäisen vuoden tuotto (e):**
Tien ensimmäisen käyttövuoden hyödyt jaettu kokonaisinvestoinnilla (kuoletettava kustannus).

Näiden lisäksi voidaan laskea muitakin tunnuslukuja, joista mainittakoon seuraavat:

- Hankkeen sisäinen korko:
Korkokanta, jolla diskontattuna hyöty-kustannussuhde on yksi.
- Pääoma-arvo:
Kaikkien tarkastelujakson aikana syntyvien hyötyjen ja kustannusten nykyarvojen erotus.

Laskentakaavoja

$$H/K = (B - C + J) / K$$

(nettoperiaatteella laskettuna)

$$e = (b_1 - c_1) / K$$

missä:

- K = perusinvestointi rakennusaikaiset korot mukaanlukien nykyarvoisena
B = liikenteen (+Ymk) hyötyjen nykyarvo
C = käyttökustannusten (Kpk) nykyarvo
J = jäännösarvon nykyarvo
(B ja C summattuina koko laskentajaksolta)

- b₁ = 1. vuoden hyödyt (AK- ja Ymk- säästöt 0-vaihtoeht. verraten)
c₁ = 1. vuoden käyttökust. (Kpk-lisäys/säästö)

Laskentaesimerkin tunnusluvut

Laskentaesimerkin taloudelliset tunnusluvut on laskettu sekä ilman ympäristökustannuksia että niiden kanssa.

Esimerkiksi (Ymk mukana): $H/K = (241,5 + 4,1 - 5,7 + 9) / 180 = 1,38$
 $e = (40,3 - 36,8 + 28,9 - 21,8 + 6,3 - 4,1 + 3,5 - 3,2 + 1,0 - 1,4) / 180 = 0,071 = 7,1 \%$
(aloitusvuoden 2000 luvuin)

	Ilman ympäristö- kustannuksia	Ympäristökustannukset mukana
Hyöty-kustannussuhde, H/K	1,36	<u>1,38</u>
Ensimmäisen vuoden tuotto, e	6,9 %	<u>7,1 %</u>

4 LIITE

Tuntiliikenneluokkiin perustuva ajoneuvokustannusten alustava laskentamenetelmä

1. Menetelmän erot käsinlaskentamenetelmään verrattuna

Menetelmä eroaa käsinlaskentamenetelmästä lähinnä matkanopeuden määrittämisessä. Laskennat tehdään lisäksi neljälle eri tuntiliikenneluokalle, joiden osuudet määrätään tuntijärjestyskäyrien avulla. Menetelmällä ajoneuvokustannukset on määritettävissä käsinlaskentamenetelmää

tarkemmin etenkin ruuhkautuvilla tieosilla. Laskennan vaatimien useiden välitulosten takia laskennat on syytä kerätä sopiviin taulukoihin, joissa on tilaa eri linkeille, tyyppiautoille, tarkastelutunneille ja tarkasteluvuosille.

2. Lähtötiedot

Lähtötietoina tarvitaan käsinlaskentamenetelmän tietojen lisäksi tuntijärjestyskäyrältä tarkastelutuntien liikenteen osuudet keskivuorokausiliiken-

teestä, sekä niiden välisten tuntien suoriteosuudet vuosisuoritteesta.

3. Tuntiliikenteet

Tuntiliikenteet määritetään neljälle eri tarkastelutunnille (1., 100., 1000. ja 8760. tunti). Samalla määritetään vuoden 1.-100., 101.-1000. ja 1001.-8760. tuntien liikenteen suoriteosuudet vuosisuo-

ritteesta. Nämä saadaan esim. konelaskentapisteiden tuloksista tai kuvan 1 tyyppillisistä tuntijärjestyskäyristä.

4. Matkanopeus

Matkanopeus vapaissa oloissa määritetään kuten käsinlaskentamenetelmässä.

Eri liikennetilanteiden nopeuksien määrittämiseksi muodostetaan tarkasteltaville linkeille nopeuskuvaajat. Ne muodostuvat suoraviivaisista osista, jolloin nopeus laskee aluksi hitaasti taitepisteseen asti. Taitepisteen jälkeen nopeus laskee voimakkaasti kunnes saavutetaan välityskykytilanne (yleensä lievä ylikuormitus). Kysynnän ylittäessä välityskyvyn oletetaan nopeuden pysyvän alhaisena.

Nopeuskuvaajan laatimiseksi täytyy laskea tai arvioida seuraavat tiedot:

- Kevyen ja raskaan auton nopeudet (nopeusmallien avulla) liikennemäärän ollessa vähäinen
- Linkin välityskyky (lasketaan yleensä välityskykymenetelmällä esim. HCM).
- Kevyen ja raskaan auton nopeuskuvaajien taitepisteiden liikennemäärät (esim. $0,85 \cdot \text{välityskyky}$).
- Kevyen ja raskaan auton nopeudet nopeuskuvaajan taitepisteessä (saadaan nopeusmalleista, kun liikennemäärä on taitepistettä vastaava).
- Linkin ylikuormitusta kuvaava nopeus (2-kaislaisilla teillä on käytetty nopeutta 25 km/h ja monikaistaisilla teillä nopeutta 30 km/h).

5. Ajoneuvokustannukset

Tarkastelutunneille määritetään ajoneuvokustannukset kuten käsinlaskentamenetelmässä. Tuntiliikenneluokkien keskimääräiset ajoneuvokustannukset määritetään niitä rajoittavien tarkastelutuntien keskiarvona. Polttoaineenkulutus voidaan määrittää käsinlaskentamenetelmän yhteydessä

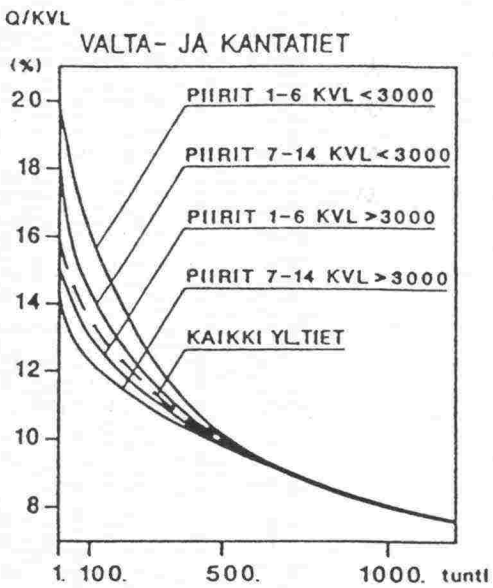
esitetyistä taulukoista tai seuraavilla sivuilla olevien kaavojen avulla. Vuotuiset ajoneuvokustannukset lasketaan tuntiliikenneluokkien keskimääräisistä kustannuksista painottamalla niitä liikenesuoriteosuuksilla.

6. Taloudelliset tunnusluvut

Taloudelliset tunnusluvut voidaan laskea vastavasti kuin käsinlaskentamenetelmässä. Aikakustannusten on kuitenkin syytä olla määriteltynä

vastaavalla tarkkuudella kuin ajoneuvokustannukset.

Kuva 1. Tyypilliset tuntijärjestyskäyrät ja vastaavat ajosuoriteosuustaulukot



ETELÄ-SUOMI KVL < 3000

TUNTILIIKENNE		SUORITE	
TUNTI	Q/KVL	TUNNIT	OSUUS
1.	20,0	1-100	4,4
100.	16,1	101-1000	24,3
1000.	8,1	1001-8760	71,3
8760.	0,5		100,0

ETELÄ-SUOMI KVL > 3000

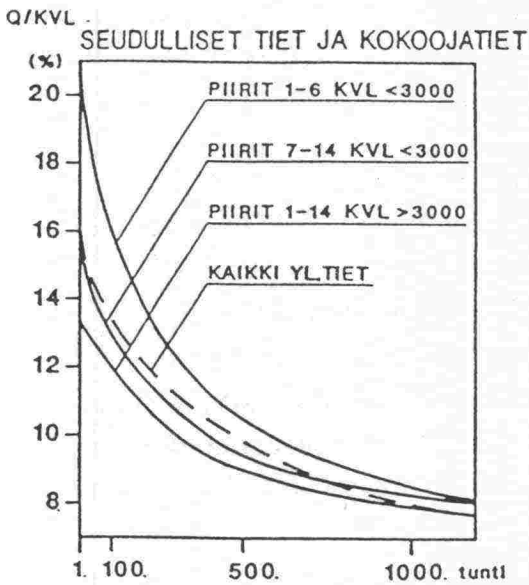
TUNTILIIKENNE		SUORITE	
TUNTI	Q/KVL	TUNNIT	OSUUS
1.	15,0	1-100	3,6
100.	13,0	101-1000	21,4
1000.	7,9	1001-8760	75,0
8760.	0,5		100,0

POHJOIS-SUOMI KVL < 3000

TUNTILIIKENNE		SUORITE	
TUNTI	Q/KVL	TUNNIT	OSUUS
1.	18,1	1-100	4,0
100.	14,2	101-1000	23,6
1000.	8,1	1001-8760	72,4
8760.	0,3		100,0

POHJOIS-SUOMI KVL > 3000

TUNTILIIKENNE		SUORITE	
TUNTI	Q/KVL	TUNNIT	OSUUS
1.	14,5	1-100	3,4
100.	12,2	101-1000	21,4
1000.	7,9	1001-8760	75,2
8760.	0,4		100,0



ETELÄ-SUOMI KVL < 3000

TUNTILIIKENNE		SUORITE	
TUNTI	Q/KVL	TUNNIT	OSUUS
1.	21,0	1-100	4,5
100.	15,8	101-1000	23,8
1000.	8,5	1001-8760	71,7
8760.	0,3		100,0

POHJOIS-SUOMI KVL < 3000

TUNTILIIKENNE		SUORITE	
TUNTI	Q/KVL	TUNNIT	OSUUS
1.	16,0	1-100	3,5
100.	13,0	101-1000	21,9
1000.	8,3	1001-8760	74,6
8760.	0,4		100,0

KOKO SUOMI KVL > 3000

TUNTILIIKENNE		SUORITE	
TUNTI	Q/KVL	TUNNIT	OSUUS
1.	13,3	1-100	3,2
100.	11,9	101-1000	20,7
1000.	7,9	1001-8760	76,1
8760.	0,5		100,0

KAIKKI YLEISET TIET

TUNTILIIKENNE		SUORITE	
TUNTI	Q/KVL	TUNNIT	OSUUS
1.	16,0	1-100	3,7
100.	13,5	101-1000	22,3
1000.	8,0	1001-8760	74,0
8760.	0,4		100,0

Kustannusmallit kevyiden autojen ajoneuvokustannuksille

A. Ajosuoritteeseen kohdistuva osa (p/km)

$$A_{ha}/2 = 16.8$$

$$A_{pa}/2 = 60.9$$

$$A_{kev}/2 = 21.2$$

B. Ajoaikaan kohdistuva osa (p/km)

$$A_{ha}/2 = 16.8$$

$$A_{pa}/2 = 60.9$$

$$A_{kev}/2 = 21.2$$

C. Polttoaineenkulutuksen mukaan muuttuva osa (p/km)

$$B_{ha} = 42.0$$

$$B_{pa} = 55.6$$

$$B_{kev} = 43.2$$

D. Vertailunopeus (km/h) ja keskimääräinen kulutus (l/100 km)

$$v_0 = 80$$

$$p_{0ha} = 7.9$$

$$p_{0pa} = 11$$

$$p_{0kev} = 8.2$$

E. Polttoaineenkulutussmallit (l/100 km)

$$p_{ha} = 9.12 - 0.084 \cdot V + 0.000701 \cdot V^2 + 0.2339 \cdot dV + 0.007241 \cdot dV^2 - 0.004802 \cdot dV \cdot V + 0.00002070 \cdot dV \cdot V^2 - 0.0001030 \cdot dV^2 \cdot V + 0.0000003903 \cdot dV^2 \cdot V^2$$

$$p_{pa} = 12.22 - 0.084 \cdot V + 0.000701 \cdot V^2 + 0.2339 \cdot dV + 0.007241 \cdot dV^2 - 0.004802 \cdot dV \cdot V + 0.00002070 \cdot dV \cdot V^2 - 0.0001030 \cdot dV^2 \cdot V + 0.0000003903 \cdot dV^2 \cdot V^2$$

$$p_{kev} = 9.43 - 0.084 \cdot V + 0.000701 \cdot V^2 + 0.2339 \cdot dV + 0.007241 \cdot dV^2 - 0.004802 \cdot dV \cdot V + 0.00002070 \cdot dV \cdot V^2 - 0.0001030 \cdot dV^2 \cdot V + 0.0000003903 \cdot dV^2 \cdot V^2$$

(V = keskimääräinen matkanopeus vapaissa oloissa, dV = nopeusalenema)

F. Ajoneuvokustannusmalli (p/km)

$$Ank = A/2 + v_0/v \cdot A/2 + p/p_0 \cdot B$$

Kustannusmallit raskaiden autojen ajoneuvokustannuksille**A. Ajosuoritteeseen kohdistuva osa (p/km)**

$$\begin{aligned}
 A_{la}/2 &= 107.4 \\
 A_{kaip}/2 &= 125.2 \\
 A_{kapp}/2 &= 121.0 \\
 A_{katp}/2 &= 108.9 \\
 A_{ka}/2 &= 116.8 \\
 A_{rask}/2 &= 115.1
 \end{aligned}$$

B. Ajoaikaan kohdistuva osa (p/km)

$$\begin{aligned}
 A_{la}/2 &= 107.4 \\
 A_{kaip}/2 &= 125.2 \\
 A_{kapp}/2 &= 121.0 \\
 A_{katp}/2 &= 108.9 \\
 A_{ka}/2 &= 116.8 \\
 A_{rask}/2 &= 115.1
 \end{aligned}$$

C. Polttoaineenkulutuksen mukaan muuttuva osa (p/km)

$$\begin{aligned}
 B_{la} &= 151.5 \\
 B_{kaip} &= 156.4 \\
 B_{kapp} &= 162.9 \\
 B_{katp} &= 187.6 \\
 B_{ka} &= 172.4 \\
 B_{rask} &= 168.7
 \end{aligned}$$

D. Vertailunopeus (km/h) ja keskimääräinen kulutus (l/100 km)

$$\begin{aligned}
 v_0 &= 70 \\
 p_{0la} &= 30 \\
 p_{0kaip} &= 26 \\
 p_{0kapp} &= 37 \\
 p_{0katp} &= 43 \\
 p_{0ka} &= 35.3 \\
 p_{0rask} &= 34.3
 \end{aligned}$$

E. Polttoaineenkulutusmallit (l/100 km)

$$\begin{aligned}
 p_{la} &= 33.83 - 0.5251 \cdot V + 0.004512 \cdot V^2 + 1.796 \cdot dV + 0.01873 \cdot dV^2 - 0.03785 \cdot dV \cdot V \\
 &\quad + 0.0001863 \cdot dV \cdot V^2 - 0.00008578 \cdot dV^2 \cdot V - 0.0000006128 \cdot dV^2 \cdot V^2 \\
 p_{kaip} &= 29.32 - 0.5251 \cdot V + 0.004512 \cdot V^2 + 1.796 \cdot dV + 0.01873 \cdot dV^2 - 0.03785 \cdot dV \cdot V \\
 &\quad + 0.0001863 \cdot dV \cdot V^2 - 0.00008578 \cdot dV^2 \cdot V - 0.0000006128 \cdot dV^2 \cdot V^2 \\
 p_{kapp} &= 48.09 - 0.6553 \cdot V + 0.005882 \cdot V^2 + 1.255 \cdot dV + 0.02685 \cdot dV^2 - 0.007332 \cdot dV \cdot V \\
 &\quad - 0.00003271 \cdot dV \cdot V^2 - 0.0006002 \cdot dV^2 \cdot V + 0.000003408 \cdot dV^2 \cdot V^2 \\
 p_{katp} &= 55.89 - 0.6553 \cdot V + 0.005882 \cdot V^2 + 1.255 \cdot dV + 0.02685 \cdot dV^2 - 0.007332 \cdot dV \cdot V \\
 &\quad - 0.00003271 \cdot dV \cdot V^2 - 0.0006002 \cdot dV^2 \cdot V + 0.000003408 \cdot dV^2 \cdot V^2 \\
 p_{ka} &= 43.92 - 0.5993 \cdot V + 0.005293 \cdot V^2 + 1.488 \cdot dV + 0.02336 \cdot dV^2 - 0.02045 \cdot dV \cdot V \\
 &\quad + 0.00006146 \cdot dV \cdot V^2 - 0.0003790 \cdot dV^2 \cdot V + 0.000001679 \cdot dV^2 \cdot V^2 \\
 p_{rask} &= 42.10 - 0.5860 \cdot V + 0.005152 \cdot V^2 + 1.543 \cdot dV + 0.02253 \cdot dV^2 - 0.02359 \cdot dV \cdot V \\
 &\quad + 0.00008393 \cdot dV \cdot V^2 - 0.0003262 \cdot dV^2 \cdot V + 0.000001267 \cdot dV^2 \cdot V^2
 \end{aligned}$$

(V = keskimääräinen matkanopeus vapaissa oloissa, dV = nopeusalenema)

F. Ajoneuvokustannusmalli (p/km)

$$Ank = A/2 + v_0/v \cdot A/2 + p/p_0 \cdot B$$

